

## DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIEE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS (PCT)

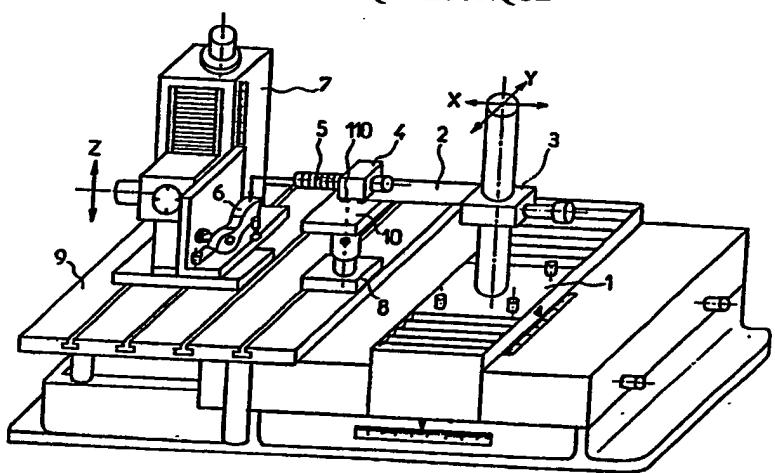
(51) Classification internationale des brevets 5 : G01B 7/28, 7/34, 21/20 G01B 5/28		A1	(11) Numéro de publication internationale: WO 90/12277 (43) Date de publication internationale: 18 octobre 1990 (18.10.90)
(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR90/00239		(74) Mandataire: GERARDIN, Robert, Jean, René; Prot'Innov International S.A., 18 et 18 bis, rue de Bellefond, BP 328-09, F-75428 Paris Cedex 09 (FR).	
(22) Date de dépôt international: 5 avril 1990 (05.04.90)		(81) Etats désignés: AT (brevet européen), AU, BB, BE (brevet européen), BF (brevet OAPI), BG, BJ (brevet OAPI), BR, CA, CF (brevet OAPI), CG (brevet OAPI), CH + (brevet européen), CM (brevet OAPI), DE (brevet européen), DK (brevet européen), ES (brevet européen), FI, FR (brevet européen), GA (brevet OAPI), GB (brevet européen), HU, IT (brevet européen), JP, KP, KR, LK, LU (brevet européen), MC, MG, ML (brevet OAPI), MR (brevet OAPI), MW, NL (brevet européen), NO, RO, SD, SE (brevet européen), SN (brevet OAPI), SU, TD (brevet OAPI), TG (brevet OAPI), US.	
(30) Données relatives à la priorité: 89/04711 11 avril 1989 (11.04.89) FR		(71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): INSTITUT SUPERIEUR D'ETAT DE SURFACE (I.S.E.S.) [FR/FR]; 3, rue Larocheouacault, F-51000 Châlons-sur-Marne (FR).	
(71)(72) Déposants et inventeurs: BIELLE, Jacques [FR/FR]; 6, boulevard Gaudthille, F-51000 Châlons-sur-Marne (FR). MIGNOT, Jean [FR/FR]; Centre Hospitalier S.-Jacques, Service de Biologie Cutanée, F-25030 Besançon (FR).		Publiée <i>Avec rapport de recherche internationale. Avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si de telles modifications sont reçues.</i>	

(54) Title: PROCESS AND DEVICE FOR LARGE-SCALE PROFILOMETRIC MEASUREMENT AND THEIR APPLICATION TO THE MEASUREMENT OF THE CONDITION OF SURFACES IRRESPECTIVE OF SHAPE

(54) Titre: PROCEDE ET DISPOSITIF DE MESURAGE PROFILOMETRIQUE DE LARGE ECHELLE ET LEURS APPLICATIONS A LA MESURE DE L'ETAT DE SURFACES DE FORME QUELCONQUE

(57) Abstract

The invention relates to a process and a device for large-scale profilometric measurement and their application to the measurement of the condition of surfaces, irrespective of shape. The device, which makes it possible to apply the process according to the invention, consists of a non-loaded plate (1) sliding along a plane (X, Y), a thin steel blade (2) which ensures the connection between a block (3) and a support carriage (4), a sensor (5) and a vertical displacement unit (7) which ensures the contact between the surface to be explored (6) and the sensor probe (5). A support (8) for the datum surface (10) is placed on the table (9).



(57) Abrégé

L'invention concerne un procédé et un dispositif de mesurage profilométrique de large échelle et leurs applications à la mesure de l'état de surfaces de forme quelconque. Le dispositif permettant l'application du procédé selon l'invention comporte: une platine déchargée (1) glissant sur un plan (X, Y), une lame d'acier mince (2) assurant la liaison entre une noix (3) et un chariot porteur (4), un capteur (5) et une unité verticale de déplacement (7) qui assure le contact de la surface à explorer (6) avec le palpeur du capteur (5). Un support (8) de la surface de référence (10) étant posé sur la table (9).

## DESIGNATIONS DE "DE"

Jusqu'à nouvel avis, toute désignation de "DE" dans toute demande internationale dont la date de dépôt international est antérieure au 3 octobre 1990 a effet dans le territoire de la République fédérale d'Allemagne à l'exception du territoire de l'ancienne République démocratique allemande.

### UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publient des demandes internationales en vertu du PCT.

AT	Autriche	ES	Espagne	MG	Madagascar
AU	Australie	FI	Finlande	ML	Mali
BB	Barbade	FR	France	MR	Mauritanie
BE	Belgique	GA	Gabon	MW	Makawi
BF	Burkina Faso	GB	Royaume-Uni	NL	Pays-Bas
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	NO	Norvège
BJ	Bénin	IT	Italie	RO	Roumanie
BR	Bresil	JP	Japan	SD	Soudan
CA	Canada	KP	République populaire démocratique de Corée	SE	Suède
CF	République Centrafricaine	KR	République de Corée	SN	Sénégal
CG	Congo	LJ	Liechtenstein	SU	Union soviétique
CH	Suisse	LK	Sri Lanka	TD	Tchad
CM	Cameroun	LU	Luxembourg	TG	Togo
DE	Allemagne, République fédérale d'			US	Etats-Unis d'Amérique

Procédé et dispositif de mesurage profilométrique de large échelle et leurs applications à la mesure de l'état de surfaces de forme quelconque.

5 L'invention concerne un procédé et un dispositif de mesurage profilométrique de large échelle et leurs applications à la mesure de l'état de surfaces de forme quelconque.

10 La surface libre des pièces mécaniques, ou autres, présente très souvent une forme qui diffère d'un plan.

Pour aborder ce problème de mesurage, les profilomètres d'état de surfaces usuels utilisent des systèmes patin - palpeur (voir norme NF E- 05 052). Ils permettent le filtrage mécanique des irrégularités de surfaces de pas relativement fin, en éliminant la courbure.

20 Cette méthode différentielle de captage présente l'inconvénient d'entrer en interaction avec les irrégularités de surfaces de grands pas, nommées ondulations par les normes.

25 Le système patin-palpeur peut, en fonction de la distance patin-palpeur, soit doubler les amplitudes des ondulations, soit les annuler.

30 Pour éviter cette distorsion des profils mesurés, les utilisateurs choisissent, le plus souvent, une référence de captage extérieure à la surface à mesurer, elle est constituée par une surface de référence plane sur laquelle se déplace en ligne droite le capteur.

35 De par cette construction, les profilomètres traditionnels d'état de surfaces ne possèdent pas

une dynamique suffisante pour mesurer une faible rugosité, de l'ordre de quelques micromètres, sur une courbure de surface dont la direction générale peut présenter des écarts géométriques de l'ordre 5 de plusieurs millimètres ou centimètres.

Ces appareils ne peuvent permettre d'obtenir, à la fois, une grande étendue de mesure et une grande sensibilité.

10

L'utilisation de palpeur de contact ayant un pouvoir d'exploration de l'ordre de 4 millimètres, avec comptage des valeurs des déplacements par interférométrie LASER, implique des bras de palpeurs de grande longueur pour 15 ne pas avoir un écart de perpendicularité du palpeur trop conséquent.

Elle conduit à calculer une correction de la position du palpeur en fonction de l'inclinaison du bras porte-palpeur et, à chaque mise en service du profilomètre, 20 à un étalonnage de la position d'horizontalité dans l'échelle de mesure à partir d'une sphère de référence.

Par ailleurs, la rugosité des surfaces inter ou exter 25 des pièces axiles pose des problèmes de mesurage en fonction de l'orientation de la direction des stries ou motifs de surfaces.

Les stries peuvent être orientées suivant les génératrices ou suivant les directrices; des directions mixtes croisées étant possibles.

Dans le cas d'une orientation suivant les génératrices, 30 il faut explorer les profils de surfaces suivant les directrices; quand l'orientation est suivant les directrices, il faut explorer suivant les génératrices.

- En référence à une droite, l'exploration d'une directrice de pièce introduit, au captage, un écart de forme qui limite rapidement la longueur d'exploration du capteur à une valeur égale à son échelle de mesure. En conséquence, plus les rayons de courbure des directrices sont faibles, plus les longueurs d'exploration sont limitées ; il en est de même en fonction de l'amplification sélectionnée.
- 10 L'exploration d'une génératrice de pièce axiale implique que la trajectoire d'exploration soit parallèle à une génératrice.
- 15 Si cette condition n'est pas assurée, le palpeur explore un arc d'ellipse dont l'écart de forme limite très rapidement la longueur d'exploration, en particulier pour les faibles rayons de courbure.
- 20 Actuellement, avec les méthodes et moyens connus, l'exploration par profilométrie des irrégularités des surfaces gauches est, soit entachée de distorsions par les systèmes patin -palpeur, soit limitée à des longueurs d'exploration qui ne présentent aucun intérêt d'information.
- 25 Compte-tenu des difficultés exposées au paragraphe ci-dessus, il est quasiment impossible de réaliser un captage par profilométrie de contact ou de non contact sans apporter une distorsion aux profils mesurés
- 30 captés sur des surfaces en hélice telles qu'en possèdent les aubes de turbines, les vis de mouvement ou de compresseurs, les engrenages hélicoïdaux ; les mêmes problèmes se posent pour les surfaces en développantes des flancs de dents, les courbes de raccordement des
- 35 fonds et des flancs de dentures, les surfaces des

5 patins de culbuteurs, les becs de cames, les gorges circulaires, les joints toriques ou à lèvres, les répliques de peaux humaines ou les surfaces de prothèses, pour les dents ou le squelette, les cols de bouteilles, etc.

10 Si la profilométrie qui se réfère à une broche tournante de haute qualité peut être envisagée pour des pièces dont les directrices sont des images les plus approchées 15 d'un cercle parfait, le problème du captage des irrégularités des directrices se pose dès que les écarts de forme ont une valeur qui dépasse le pouvoir d'exploration du palpeur. A cela, il faut ajouter les difficultés de centrer les directrices par rapport 20 à la référence de captage constituée par l'axe de rotation de la broche.

25 Des pièces, comme les fils de petit diamètre, doivent être enrobées dans un corps plus dur que le matériau constituant le fil, puis coupées et, après polissage des coupes réelles, observées au microscope optique ou électronique à balayage. De telles méthodes destructives ne permettent pas de suivre dans le temps la transformation d'état de surfaces soumis à une fonction.

30 On connaît déjà une méthode discrète de mesurage dimensionnel dite de "mesurage profilométrique de large échelle", publiée dans le "Journal of manufacturing systems" vol. 6, n° 3 de 1987 sous le titre "Range expansion and automation of a classical profilometer", qui se caractérise comme suit :

35 Dans un système d'axes X, Y, si un palpeur de contact ou de non contact a une course de mesurage dimensionnel capable de délivrer, en fonction de son déplacement

en X, des valeurs d'exploration en Y comprises entre deux limites A et B, il est possible, par une méthode discrète, d'utiliser le procédé de la large échelle pour décrire entièrement une succession de pentes 5 d'un profil réel ; même si la description nécessite des courses d'exploration en Y dont la valeur est supérieure à celle comprise entre A et B, c'est-à-dire à la course utile du palpeur ; la succession des explorations discrètes de la pente étant alors raccordée 10 informatiquement pour reconstituer l'image mesurée la plus approchée de la succession de pentes réelles.

La précision de cette méthode discrète de mesurage dimensionnel est seulement fonction de celle du capteur, 15 c'est-à-dire de sa linéarité et de son hystérésis, elle ne dépend pas de la précision du déplacement du capteur, chaque fois qu'il se déplace pour retrouver son pouvoir d'exploration situé entre ses deux limites A , B.

20

On connaît aussi, par le brevet japonais JP-A-62.226.008, une méthode de mesure tridimensionnelle en profil contrôlé d'une surface quelconque, qui a uniquement pour but de réduire les temps de mesurage 25 des profils de forme par la méthode discrète, en recherchant, tout d'abord, un profil approximatif permettant une approche rapide du palpeur, suivie d'une avance lente jusqu'au point de contact et, ceci, de façon répétitive, jusqu'à exploration totale du 30 profil. Mais, avec cette méthode, c'est le capteur support de palpeur qui monte ou descend pour replacer le palpeur dans son échelle de mesure. Les incrément de changement de position du capteur sont fonction 35 de la valeur de la pente du profil et, de ce fait, variables en longueur.

3 Cependant, lorsque le capteur n'est pas conçu suivant le principe d'Ernest ABBE, dans lequel le transducteur est sur le même axe que le palpeur, il y a déplacement de la pointe du palpeur sur la surface en fonction 5 de la valeur de déplacement vertical du capteur ; ainsi, avec un bras col de cygne de 50 millimètres et pour 5 micromètres de montée, il se produit un déplacement axial de la pointe du palpeur de 25/10.000 de micromètres et, pour 25 micromètres de montée, 10 6,25/1.000 de micromètres.

Sur les appareils actuellement commercialisés, lorsque l'on n'utilise pas de système patin-palpeur, il faut orienter, par réglage manuel, la référence de captage 15 parallèlement à la direction générale du profil réel que l'on veut capter, afin que le profil mesuré soit contenu dans l'échelle de mesure.

Cette opération de préparation manuelle représente 20 une part importante du temps de mesurage d'une trajectoire, de plus, chaque fois que l'on change de trajectoire, on peut avoir à reprendre ce réglage, en particulier aux hautes amplifications.

25 En pratique, si l'on veut évaluer la profondeur moyenne d'irrégularités de surfaces inférieures au micromètre, on choisira une échelle de mesure égale environ à 4 fois cette valeur soit 4 micromètres. Pour situer le profil mesuré dans l'échelle de mesurage, il nous reste 4 - 1 = 3 micromètres. Tout déplacement de la 30 pièce pour mesurer une autre trajectoire implique que la nouvelle position de la surface à mesurer n'entraîne pas une inclinaison de la surface supérieure à 3 micromètres, sinon il y a saturation du signal 35 dans l'échelle de mesure, ou il faut limiter la longueur d'exploration.

On connaît aussi un procédé et un dispositif de déplacement par glissement, suivant une ou deux directions perpendiculaires, sur une surface de référence, d'un support mobile, pouvant recevoir des 5 accessoires tels qu'une pièce, un capteur ou un outil (demande de brevet français n° 87 12582 du 9.09.1988). Le procédé consiste à exercer, sur ce support mobile, des efforts répartis, orientés de bas en haut, déterminés de façon que la somme de ces efforts soit 10 inférieure au poids de l'ensemble constitué de ce support et de ses accessoires.

Les déplacements, dans le cas du mesurage profilométrique, sont adaptés en fonction de l'opération 15 à effectuer, à l'aide des accessoires, suivant l'axe Z.

On mesure, à l'aide d'un capteur monté sur une table à avance micrométrique, elle-même solidaire du support 20 mobile, les écarts géométriques de profondeur comprenant les paramètres : écarts de forme, ondulation, rugosité et micro-rugosité de la surface d'une pièce.

Les mesures sont effectuées en disposant la pièce 25 à contrôler sur une table support solidaire du dispositif de mesure. Pour les pièces de grande dimension, les mesures sont effectuées en plaçant le dispositif directement sur la pièce à contrôler.

30 Le support mobile prend appui, par l'intermédiaire de vérins et de moyens de roulement, sur la face supérieure de glissières mobiles. Le dit support mobile comporte, sur sa face inférieure, au moins un patin à faible valeur de coefficient de frottement, venant 35 en appui sur la surface de référence. Des dispositifs d'alignement réglables prennent appui contre les glissières mobiles

Ce support mobile comprend des vérins de décharge qui prennent indirectement appui sur un bâti. L'effort correspondant à la somme des efforts indépendants de chaque vérin doit être inférieur à celui exercé

5 par le poids du support mobile et de ses accessoires, de façon à minimiser la différence entre l'effort de glissement au départ et l'effort de frottement de déplacement dans une direction quelconque sur un plan et à limiter, dans le référentiel de déplacement

10 X, Y, Z, les écarts de positions géométriques d'un capteur ou d'un outil. Un moteur et un réducteur particuliers entraînent ce support mobile en translation selon X. Une deuxième motorisation étant prévue pour permettre une translation selon Y.

15

On comprend, qu'en utilisant comme accessoires une table à déplacement micrométrique et un palpeur, on puisse effectuer des mesures profilométriques bidimensionnelles et tridimensionnelles, dont la

20 précision serait fonction de la précision du mode de construction et de la mise en oeuvre du capteur.

La présente invention vise à remédier à la situation évoquée plus haut en proposant un procédé et un

25 dispositif permettant : de décrire, avec un palpeur de course limitée en Z, les pentes successives constituant les courbes, concaves ou convexes, d'un profil mesuré dans les possibilités d'accès du palpeur au profil réel, de supprimer la part de temps

30 représentée par l'actuelle opération de préparation du mesurage, appelée dégauchissage, en rendant la surface à mesurer parallèle à la référence de captage <sup>of collective</sup> par simple application de la méthode discrète de

large échelle, de réduire le déplacement en z, et, par conséquent, la durée du mesurage et de calculer la ligne moyenne du profil mesuré.

- 5 Le procédé selon l'invention, qui combine de façon interactive la méthode discrète de mesurage profilométrique de large échelle au procédé de mesurage profilométrique tridimensionnel décrit dans la demande  
→ de brevet français n° 87 12582, et qui permet de  
10 reconstituer l'image mesurée la plus approchée d'un profil réel à partir de l'exploration discrète, dans une direction X ou dans un plan X, Y, d'une succession de segments li ou de surfaces dont la taille dépend des limites d'exploration du capteur, c'est-à-dire  
15 de la courbure locale de la surface et de l'amplification utilisée, consistant à effectuer un arrêt après parcours de chaque segment du profil réel, à évaluer les n valeurs successives de mesurage, n étant compris entre 3 et 10, et à déterminer la moyenne  
20 des n valeurs mesurées, à effectuer un test pour connaître la position du palpeur dans son échelle de mesurage, à déplacer le capteur selon un axe z lorsque la limite de la plage de mesurage est atteinte, à poursuivre le processus jusqu'à ce que la valeur  
25 de la longueur d'évaluation programmée soit atteinte, à lire la nouvelle valeur délivrée par le capteur et à effectuer, à cette nouvelle position, l'ancienne valeur lue avant déplacement vertical, c'est-à-dire lorsque cette valeur est exacte, puis à traiter les  
30 informations captées sur chaque longueur, afin de les raccorder numériquement et d'éliminer les causes d'erreurs, pour reconstituer le profil mesuré, qui est l'image du profil réel sur la longueur d'évaluation, se caractérise principalement en ce que les mesures  
35 bidimensionnelles sont obtenues par évaluation de

la courbe d'intersection de la surface avec un plan perpendiculaire à celle-ci, et par suivi de la forme générale de la pièce, avec une sensibilité suffisante pour qu'un filtrage, selon une fréquence appropriée, 5 donne accès aux défauts de faible amplitude et de haute fréquence, en ce que les mesures tridimensionnelles sont réalisées par balayage de la surface par une série de profils parallèles, en ce que, pour rendre la surface à mesurer parallèle 10 à la référence de captage, la pièce est placée sur trois appuis situés aux sommets d'un triangle équilatéral et la position du palpeur est repérée par rapport à ces trois points grâce à une sphère de référence, on mesure en z trois points situés sur 15 la surface à mesurer ; ces trois points étant repérés par rapport au triangle de référence, et, en fonction des différences d'altitude des trois points mesurés sur la pièce, le traitement indique de quelle valeur il faut modifier chaque appui de la pièce, et en ce 20 que la pièce est rendue mobile selon l'axe z, alors que le capteur est maintenu fixe par rapport à une surface de référence rapprochée au maximum de la pièce à mesurer et reposant sur le même fondement vibratoire.

25 Pour le mesurage de la rugosité sur des pièces axiles, présentant des écarts de forme de directrices supérieurs à la plage de mesurage d'un capteur, <sup>sensor</sup> la pièce est entraînée en rotation, segment de cercle par segment de cercle, puis, dès qu'un écart de forme de circularité 30 place le palpeur hors de son échelle de mesurage, à replacer le dit palpeur dans celle-ci par un mouvement plus ou moins Y ou Z, à séparer, par filtrage, la rugosité de l'erreur de forme, à calculer la ligne moyenne du profil, à retirer la première harmonique de l'excentration, puis à reconstituer le profil circulaire.

Pour le mesurage de la rugosité de surfaces en hélice, une rotation par segment est communiquée à la vis et, dès que le capteur sort de son échelle de mesurage, le capteur est déplacé selon l'axe Z pour être replacé dans l'échelle de mesurage, pour reconstituer, par 5 traitement, l'hélicoïde développée, afin d'obtenir, après filtration, la rugosité de l'ondulation qu'elle porte.

10 Pour le cas particulier du captage de la rugosité des filets de vis intérieures, la pointe du palpeur est placée sur l'axe du filet.

15 Dans le cas des filetages coniques, la broche est inclinée selon un angle correspondant à l'angle du cône.

20 Selon une forme particulière du procédé, deux des trois points de référence sont situés sur un côté qui est orienté parallèlement à un axe de déplacement X ou Y et le traitement des différences mesurées en Z sur les trois points de la pièce permet l'affichage sur un écran de la valeur dont il faut respectivement modifier chaque appui préalablement repéré.

25 Le dispositif de mesurage, permettant la mise en oeuvre du procédé, est caractérisé en ce qu'il comporte une noix, réglable en hauteur par rapport à une platine déchargée glissant sur un plan de référence en X Y, reliée par une lame d'acier mince à un chariot porteur 30 d'un capteur, prenant appui sur un support de surface de référence, et en ce que la surface de la pièce à explorer par le palpeur du capteur vient en contact de celui-ci par le mouvement en Z d'une unité verticale de déplacement.

Le chariot porteur du capteur prend appui sur le support de surface de référence par l'intermédiaire de portées constituées d'aimants recouverts d'une couche mince d'un matériau antifriction.

5

Le matériau antifriction, constituant la couche mince dont sont recouverts les aimants, est du polytétrafluoréthylène (P.T.F.E.).

10 La pièce à explorer par le palpeur est supportée par l'intermédiaire d'un accessoire constitué principalement d'une embase graduée supportant trois points réglables situés aux sommets d'un triangle équilatéral, sur lesquels repose une table circulaire, positionnée  
15 latéralement par rapport à l'embase graduée par l'intermédiaire d'une pinnule sphérique assurant l'immobilisation sur deux degrés de liberté, alors que la rotation autour de l'axe de la pinnule sphérique assure, à la dite table circulaire, un degré de liberté.

20

Selon un mode particulier de réalisation du dispositif selon l'invention, les points d'appuis réglables sont constitués chacun d'une bille située à l'extrémité d'un écrou vissé à la partie supérieure d'un goujon, 25 fixé à la partie supérieure de l'embase graduée.

La table circulaire comporte une rainure en V, centrée sur l'axe de rotation de la dite table circulaire.

30 Les pièces axiles sont entraînées par l'intermédiaire d'une broche tournante, par l'intermédiaire d'un moteur-réducteur pas-à-pas.

La broche tournante est positionnée par rapport à la surface de référence par appui sur celle-ci par l'un de ses côtés, lorsque le palpeur est disposé parallèlement à l'axe de la pièce, ou par l'intermédiaire de pieds, lorsque le palpeur est disposé 5 perpendiculairement à l'axe de la pièce.

Les avantages obtenus grâce à cette invention, se caractérisent principalement en ce que la double exigence de grande étendue de mesure et de grande 10 sensibilité est satisfaite par le changement de coordonnées opéré par logiciel, afin d'augmenter la capacité de mesure de l'appareil et d'éliminer, de ce fait, toutes les erreurs engendrées par un déplacement mécanique du capteur, en s'affranchissant 15 totalement de l'imprécision de celui-ci.

Le suivi de la forme générale de la pièce a une sensibilité suffisante pour qu'un filtrage en fréquence approprié, donne accès aux défauts de faible amplitude 20 et de haute fréquence représentant la rugosité ; plusieurs filtrages successifs pouvant être effectués sur des profils très perturbés.

Une mesure tridimensionnelle étant réalisée pratiquement 25 par balayage de la surface par une série de profils parallèle, le passage de deux à trois dimensions ne pose aucun problème, puisque seule une excellente précision de positionnement est exigée. L'opération fastidieuse du dégauchissage est très limitée, voire, 30 dans certains cas, totalement supprimée.

Une mesure de rugosité peut même être effectuée sur un contour elliptique dû, par exemple, à un désalignement de l'axe d'un cylindre par rapport au

mouvement de la traverse mobile du profilomètre, puisqu'une méthode numérique de filtrage est utilisée ensuite pour séparer la rugosité de l'ondulation.

5 Ainsi, la possibilité offerte par ce procédé et ce dispositif de s'affranchir du défaut de forme d'une pièce autorise des mesures automatiques par programmation de la trajectoire de la pointe du palpeur lors du passage d'un profil à un autre, ou d'un  
10 échantillon à un autre.

Par la seule adjonction d'une broche tournante de précision, le dispositif selon l'invention, destiné initialement à la mesure de l'état de surface de pièces en moyenne plane, se transforme en dispositif de mesure de rugosité de pièces cylindriques, présentant même de grands écarts de circularité ; comme c'est le cas notamment sur des fils tréfilés ou sur des pièces cylindriques où la rugosité est prépondérante, telle  
15 que, par exemple, sur les tiges revêtues de vernis, de peinture, de ciment, de colle, de caoutchouc, etc... pour lesquelles la propriété d'accrochage est primordiale.

25 Certaines pièces, de forme généralement cylindrique, présentant des obstacles ou des discontinuités, tels que, par exemple, sur les arbres cannelés, ou les arbres comportant une rainure de clavetage, sur les collecteurs à lames de moteurs électriques, etc...,  
30 il est ainsi possible de passer, sans intervention extérieure, d'un niveau à un autre, quelle que soit l'importance de la dénivellée.

D'autres caractéristiques et avantages apparaîtront dans la description qui va suivre de diverses applications du procédé et du dispositif selon l'invention, données à titre d'exemples non limitatifs

5 au regard des dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 représente une vue de face, en perspective, du dispositif en utilisation pour le mesurage de la rugosité d'une surface courbe,
- la figure 2 représente une vue de côté, en coupe, du système de fixation du palpeur,
- 10 - la figure 3 représente une vue du dessus du système de fixation du palpeur,
- la figure 4 représente les étapes de mesurage à l'aide du capteur,
- 15 - la figure 5 représente une vue de dessus d'un ensemble tournant pour contrôle de pièces axiles,
- la figure 6 représente une vue en élévation d'un montage permettant la mesure de rugosité d'une vis,
- la figure 7 représente une vue en coupe d'un dispositif de dégauchissage,
- 20 - la figure 8 représente une vue schématique d'un palpeur permettant la mesure de surface concave, telle que celle matérialisée par un filetage intérieur,
- la figure 9 représente la décomposition de la plage de variation du signal digitalisé et le principe du raccordement logiciel,
- la figure 10 représente le signal délivré par rapport à la position du palpeur,
- 25 - la figure 11 représente le déplacement de la pointe du palpeur, sur la surface, lors d'un déplacement vertical de celui-ci,
- la figure 12 représente un exemple d'application du procédé à la mesure de la rugosité d'une bille,
- 30 - la figure 13 représente la rugosité correspondant à l'exemple d'application donné à la figure 12,

- la figure 14 représente le schéma de l'automatisation du relevé de profils parallèles,
  - la figure 15 représente l'automatisation de la prise de données sur une pièce de forme quelconque,
  - 5 - la figure 16 représente le schéma du relevé de profils successifs avec passage d'un échantillon à un autre,
  - la figure 17 représente les écarts existant en deux positions d'un palpeur à col de cygne.
- 10 En examinant la figure 1, on remarque que le dispositif qui permet l'application du procédé de mesurage selon l'invention, comporte une platine déchargée 1 glissant sur un plan en X, Y. Une lame d'acier mince 2, assurant la liaison entre une noix 3 et un chariot porteur 15 4 d'un capteur 5. Une unité verticale de déplacement 7 assure le contact de la surface à explorer 6 avec le palpeur du capteur 5. Un support 8 de la surface de référence 10 est posé sur une table 9.
- 20 Les figures 2 et 3 représentent le chariot porte-capteur 4, lequel se déplace sur la surface de référence 10 constituée d'un plan en acier cémenté-trempé et rôdé par l'intermédiaire de trois portées 110, constituées chacune d'un aimant 111 recouvert d'une 25 mince couche 112 de P.T.F.E.

En examinant maintenant la figure 4, on remarque que celle-ci représente un capteur 5, dont l'extrémité a un pouvoir de mesurage qui est fonction de 30 l'amplification utilisée et des caractéristiques mécaniques du capteur.

On remarque que le déplacement du capteur 5, dans le sens  $+X$  ou  $-X$ , amène l'aire d'exploration du palpeur 35 à explorer en  $+Y$  ou en  $-Y$  dans les possibilités de sa cours A, B.

Si, à l'origine de l'exploration, le palpeur est situé au milieu de sa course A B (origine 0) il a, alors, une possibilité de mesurage dimensionnel de plus ou moins AB/2.

5

En déplaçant le capteur dans le sens + X, sa possibilité d'exploration en -Y n'est que de AB/2 : ce qui limite, dans le cas de la pente considérée, la longueur d'exploration à une longueur l.

10

Si la pente Bêta du profil est référée à la direction du déplacement -X, +X, chaque valeur de la longueur l explorable en fonction de AB/2 est de :  
 $l = AB/2/\text{tangente bêta.}$

15

Lorsqu'on arrive en limite de course du palpeur, soit en - AB/2 ou + AB/2, ce qui correspond à une longueur ln, il est possible d'arrêter le déplacement en x et de déplacer le capteur en + Y ou - Y, pour ramener 20 le palpeur à l'origine 0 de son échelle de mesurage en + Y ou - Y.

Si l'on a stocké, après captage, les valeurs dimensionnelles successivement relevées sur le profil 25 réel en + Y ou - Y et en l, il est possible, par traitement, de raccorder les segments l de profil mesuré pour décrire la géométrie du profil réel.

En fonction du pouvoir d'exploration du palpeur, chaque 30 segment de profil mesuré porte la description de la direction générale de la pente du profil dans le système d'axes X, Y, ainsi que celle de ses irrégularités géométriques.

Par le procédé de la large échelle, il est ainsi possible de décrire, avec un palpeur de course limitée en Y, les pentes successives constituant les courbes concaves ou convexes d'un profil mesuré et, cela, 5 dans les possibilités d'accès du palpeur au profil réel.

Dans la pratique, le capteur est déplacé par l'intermédiaire d'un moteur pas-à-pas, selon un segment 10 li de discrétisation, dont la longueur est définie par l'utilisateur en fonction de la nature géométrique de la surface, avec arrêt après parcours de chaque segment li du profil réel, évaluation de n valeurs successives de mesurage et moyenne de ces valeurs 15 mesurées prises par rapport à cette moyenne, test pour connaître la position du palpeur dans son échelle de mesurage AB.

NOTA : Dans l'échelle de mesurage AB il est réservé 20 à l'extrême + AB/2 ou - AB/2 de chaque demi- plage de mesure, une garde. Cette garde permet de provoquer la translation verticale du palpeur, avant que celui-ci ne délivre un signal de saturation et avant qu'il n'atteigne sa plage de non linéarité.

25 Si la limite de la plage de mesurage est atteinte, le capteur est déplacé en Z pour être replacé dans sa plage de mesurage, le processus continue jusqu'au moment où la valeur de la longueur d'évaluation 30 programmée est atteinte.

Le traitement des informations captées sur chaque longueur l permet de les raccorder successivement et de reconstituer le profil mesuré, image du profil 35 réel sur la longueur d'évaluation.

Le calcul des paramètres du profil mesuré peut alors commencer conformément à la norme française NFE-05-052.

5 La figure 7 représente un accessoire permettant de rendre la surface à mesurer parallèle à la référence de captage, par utilisation de la large échelle. Cet accessoire permet de placer la pièce sur trois appuis situés aux sommets d'un triangle équilatéral ; la 10 position du palpeur étant repérée par rapport à ces <sup>supports</sup> trois points à l'aide d'une sphère ; le dit accessoire étant constitué principalement d'une embase graduée 120, supportant trois appuis réglables 130 situés aux sommets d'un triangle équilatéral, d'une table 15 circulaire 140, en appui sur les trois appuis réglables 130, positionnée latéralement par rapport à une embase graduée 120 par l'intermédiaire d'une pinnule sphérique 15 assurant l'immobilisation sur deux degrés de liberté, alors qu'il ne reste à la dite table 20 circulaire 14 qu'un degré de liberté constitué de la rotation autour de l'axe de la pinnule 15.

Ainsi, deux des trois points sont situés sur un côté qui est orienté parallèlement à un axe de déplacement 25 X ou Y.

Cette disposition permet de traiter le problème comme celui du réglage des pieds de théodolite. D'abord deux points, permettant de matérialiser une droite 30 pouvant être confondue avec une infinité de plans et, ensuite, le troisième pour sélectionner l'un de ces plans.

Le traitement des différences mesurées en z sur les 35 trois points de la pièce permet d'afficher, sur <sup>Post or Screen</sup> écran,

soit la valeur en mm dont il faut respectivement modifier chaque appui 130 <sup>ref man</sup> repéré ; il peut aussi donner, pour chaque appui, le nombre de tours ou de graduations dont il faut faire tourner les écrous 131 qui servent 5 d'appui par l'intermédiaire de la bille 132 située à la partie supérieure. Les dits écrous 131 étant vissés à la partie supérieure d'un goujon 133 à pas fin (0,5 mm) fixé à la partie supérieure de l'embase graduée 120.

10

Une automatisation de la mise en position est envisageable par moto-réducteurs pas-à-pas.

Ainsi, la direction générale de la surface à mesurer 15 est, par ce moyen, rendue parallèle à la surface de captage.

En conséquence, pour les pièces planes, le déplacement en z, suivant le procédé de la large échelle, est 20 utilisé au minimum, cela permet de diminuer les temps de mesurage.

Des problèmes particuliers se posant pour le mesurage des pièces axiles dans le sens de leur génératrice, 25 afin de rendre celles-ci parallèles à la direction de mesurage, d'une part, et parallèles à la direction de captage en Y, d'autre part, il a été réalisé, dans la face supérieure de la table circulaire 140, un vé 141 pouvant recevoir des pièces axiles.

30

Ce vé 141 étant centré sur l'axe de rotation, il est, de ce fait, possible de placer une génératrice parallèlement à l'axe X ou Y.

A noter que la table circulaire 140 est retournable afin de pouvoir obtenir l'immobilisation de trois degrés de liberté.

5 Le plus facile est de faire coïncider la génératrice avec l'axe X X1 de la figure 7 vue de dessus. Un point d'appui se trouve alors placé sous l'axe du vé : ce qui permet de rendre la génératrice parallèle à la référence de captage en X.

10

Il suffit, ensuite, de régler le parallélisme d'une génératrice avec l'un de ces deux axes, manuellement ou avec la large échelle.

15 L'opération consiste, avec la large échelle :

- à placer un dièdre de section carrée dans le vé 141 en recherchant, sur l'arête du dièdre, à l'aide du palpeur, l'altitude en Z de deux sommets distants 20 également du centre de la pinnule 15, il reste alors à aligner l'arête du dièdre parallèlement à la référence de captage, à partir des indications données par le calculateur. L'opération est rendue plus facile en plaçant un point d'appui sous l'arête du vé.

25

Le décalage des sommets suivant l'axe X X1 donne la valeur dont il faut faire tourner la graduation 121 pour aligner l'axe du vé 141 et l'axe de captage X X1.

30

On peut réaliser cette opération directement en palpant, dans le vé 141, deux sections également éloignées du centre de la pinnule 15.

Cet accessoire est placé sur la table mobile ou fixe du profilomètre de large échelle tridimensionnel représenté à la figure 1.

5 Il est donc possible, par ce moyen, d'appliquer le procédé de la large échelle au mesurage de la rugosité sur des pièces axiles possédant des écarts de forme de directrices qui sont supérieurs à la plage de mesurage d'un capteur, tels que les produits tréfilés, 10 fils, produits étirés, barres, pièces brochées axiles exter ou inter ayant des stries parallèles à leur axe, etc.

15 Sur ces produits, et en particulier ceux de petits diamètres, il était quasiment impossible d'avoir une information sur les écarts géométriques d'état de surfaces des directrices du produit. (en particulier pour les petits fils, sauf en les enrobant, en les coupant et en observant optiquement leur coupe.)

20 En se rapportant à la figure 5, on remarque qu'un échantillon de fil 16 est donc ainsi situé sur une broche tournante 17 entraînée par un moto-réducteur pas-à-pas 18.

25 La broche est entraînée en rotation segment de cercle par segment de cercle.

30 En utilisant le même processus que celui décrit en large échelle, dès qu'un écart de forme de circularité place le palpeur hors échelle de mesurage, il est replacé dans celle-ci par mouvement + ou - Y (ou Z suivant convention) du capteur.

Le traitement permet de séparer, par filtrage, la rugosité de l'erreur de forme.

5 La ligne moyenne du profil peut être ainsi calculée, la première harmonique de l'excentration retirée et le profil circulaire reconstitué.

10 En se rapportant maintenant à la figure 6, on remarquera que, pour le mesurage de la rugosité de surfaces en hélice, (vis, engrenages hélicoïdaux) suivant une hélice, on utilisera une broche du type de celle représentée à la figure 5 montée sur des pieds.

15 Le palpeur 19 est situé sur un filet de vis 20, une rotation est donnée, par segment, à la broche. Chaque fois que le palpeur sort de son échelle de mesurage, le procédé de la large échelle permet de déplacer le capteur en Z pour le replacer dans son échelle de mesurage.

20 Le traitement permet de reconstituer l'hélicoïde développée et de la filtrer pour obtenir la rugosité et l'ondulation qu'elle porte.

25 Pour le mesurage de la rugosité des filets de vis intérieures, on utilisera le même processus que ci-dessus mais, en plus, un palpeur spécifique tel que celui représenté à la figure 8 sera utilisé ; sa pointe doit être située sur l'axe de rotation du levier qui 30 commande le transducteur lorsque celui-ci est placé dans le milieu de sa capacité de mesurage.

35 Ce palpeur en col de cygne est utilisable pour les gorges de roulements à billes, les pieds de dentures d'engrenages, les gorges de joints, etc.

Pour le cas particulier des filetages coniques, on inclinera la broche à l'angle du cône.

Ce type de palpeur, indispensable au mesurage dans 5 la large échelle, permet de ne pas avoir à réaliser des corrections par logiciel quand on mesure des surfaces concaves comme des gorges de roulements.

Dans l'utilisation de la large échelle, lorsque le 10 capteur est soulevé ou abaissé pour restituer le palpeur et le transducteur dans l'échelle de mesurage, il y a déplacement de la pointe du palpeur le long de la trajectoire.

15 La figure 17 permet de visualiser les écarts existant entre deux positions du palpeur à col de cygne et d'effectuer les calculs comparatifs suivants :

Le glissement est  $d = R - OH$  ;  $OH = R \cos A$  et  $\sin 20 A = HI/R$ ,  $HI$  étant la valeur maximum du déplacement possible vers le bas de l'échelle de mesure.

Dans un cas maximum, pour  $R = 80$  mm (ou 80 000 micromètres),  $HI = 0,25$  mm (ou 250 micromètres).

25 On trouve  $d = 0,39$  micromètre ; ce qui est négligeable par comparaison avec le diamètre des grains de carbure d'un acier très fin pour roulements de haute précision comme le 100C6 refondu sous vide. Le diamètre mini 30 des grains de carbure est de l'ordre de 2 micromètres, ce qui est supérieur à 5 fois la valeur du glissement.

Le dit rayon de palpeur  $R$  a, en moyenne, une valeur de 5 micromètres de rayon de courbure qui couvre,

en déformation de contact, une superficie sensiblement égale en valeur.

En examinant, maintenant, plus en détail, les figures 5 1, 2 et 3, on remarque que si dans le procédé de la large échelle on peut faire monter ou descendre le capteur pour explorer discrètement un profil, par éléments de longueur de palpage compatibles avec l'échelle de mesure de capteur, il existe aussi une 10 autre solution, qui consiste à faire monter et descendre la pièce, ce qui permet de maintenir le capteur fixe en Z en s'appuyant sur une surface de référence rapprochée au maximum de la pièce à mesurer et reposant sur le même fondement vibratoire, en agissant pour 15 réduire la chaîne vibratoire au strict minimum, en faisant ainsi mouvoir sur la dite surface de référence un minimum de poids : c'est-à-dire celui du capteur monté sur un support léger. Il est donc possible d'envisager des mesurages de haute amplification dans 20 de bonnes conditions (x 100 000 sans patin palpeur).

Ce résultat est obtenu en utilisant la platine déchargée 1, glissant sur le plan de référence en X et Y, une lame d'acier mince 2 entre la noix 3 et le chariot 25 porteur 4 de capteur 5 qui se déplace en X et Y sur la surface de référence 10 sous l'action de la lame 2.

La surface à explorer vient au contact du palpeur 30 par le mouvement Z d'une unité verticale de déplacement 7.

Pendant le déplacement en X, Y le procédé de la large échelle s'applique par déplacement de la surface en 35 Z afin que le transducteur du capteur reste toujours

dans son échelle de mesure.

Suivant les types de pièces, le support 8 de la surface de référence 10, posé sur la table 9, peut être réglé 5 à une hauteur de convenance ; le réglage de la noix 3 étant associé parallèlement, pour ne pas provoquer une déformation de la lame mince 2. Les aimants 111 collent le chariot support 4 à la surface de référence 10 et la couche 112 de P.T.F.E. permet le glissement. 10 La force d'adhésion est constante.

Les effets de tangage ou de roulis sont alors absorbés en partie par la lame mince 2. S'ils peuvent avoir un effet sur les valeurs mesurées en X ou Y ils n'ont 15 aucun effet sur les mesures en Z, ce qui est le principal. (En X ou Y les valeurs des pas moyens sont en général 10 à 20 fois supérieures aux valeurs des profondeurs relevées en Z).

20 Il est évident que la qualité du déplacement de la platine 1 influence directement la précision du mesurage en X et Y. Le dispositif représenté à la figure 1 assure une grande précision en ce domaine, puisque les incertitudes de tangage et de roulis sont, à 250 25 mm de la référence de glissement, inférieures au micromètre.

La liaison par lame mince 2 est un exemple, d'autres liaisons souples et sans influence sur les mesures 30 Z peuvent être envisagées.

Si un capteur ne doit pas se déplacer dans un champ magnétique, il peut se déplacer avec le champ magnétique puisque c'est la variation de flux dans les bobines

qui induit des courants et que, dans ce cas, il n'y en a pas. Les portées magnétiques peuvent être utilisées.

Le dispositif et le procédé selon l'invention peuvent 5 avoir de multiples applications industrielles dans le domaine de la mesure des états de surface.

Comme cela a été évoqué plus haut, la surface libre des pièces mécaniques présente très souvent une forme 10 qui diffère d'un plan. C'est particulièrement à ce type de surface et notamment à celles qui ne présentent pas une forme géométrique simple, que ce dispositif s'adresse.

15 Les appareils traditionnels à captage mécanique, ne possédant pas une dynamique suffisante pour mesurer une faible rugosité (de l'ordre de quelques micromètres) sur une surface dont la forme générale peut présenter des écarts de l'ordre du millimètre ; ces appareils 20 ne peuvent obtenir, à la fois, une grande étendue de mesure et une grande sensibilité. Cette double exigence est satisfaite par le principe dit de la large échelle puisque celui-ci utilise un changement de coordonnées opéré par logiciel afin d'augmenter 25 la capacité de mesure de l'appareil initial. Le principe est rappelé sur les figures 9, 10 et 11.

On observe la translation verticale du palpeur lorsque celui-ci atteint l'une des limites (Alpha ou 4095 30 - Alpha) de la plage de mesure supposée numérisée sous 12 bits (c'est-à-dire de 0 à 4095). Cette translation, opérée par un organe mécanique déplacé par un moteur, est donc forcément entachée d'erreurs. A l'échelle des quantités mesurées avec les appareils 35 d'état de surfaces actuels, une telle erreur, créée lors de chaque translation, serait catastrophique.

La particularité du système présenté est de s'affranchir complètement de cette imprécision. En effet, la position réelle de la pointe du palpeur de mesure, après translation verticale, n'a pas à être connue, puisque 5 la valeur du signal délivré par le palpeur est remplacée par la valeur lue avant déplacement, c'est-à-dire par une valeur exacte.

La mesure de l'état de surfaces par profilométrie 10 bidimensionnelle revient à l'évaluation de la courbe <sup>courbe</sup> d'intersection de la surface avec un plan perpendiculaire à celle-ci. Si la courbe obtenue est différente d'une droite, les appareils traditionnels n'auront généralement pas la dynamique suffisante 15 pour effectuer cette mesure. Le dispositif et le procédé selon l'invention permettent le suivi de la forme générale de la pièce avec une sensibilité suffisante pour qu'un filtrage en fréquence approprié donne accès aux défauts de faible amplitude et de haute fréquence: 20 la rugosité. Un exemple d'application du principe de la large échelle à la mesure de la rugosité d'une bille est présenté sur les figures 12 et 13 sur lesquelles des discontinuités ont été repérées par les lettres a et b.

25 Si la forme générale de la pièce est circulaire, ou répond plus généralement à une équation pouvant se mettre sous la forme d'un polynome de degré n, un filtrage numérique permet de séparer, du profil 30 expérimental, la partie spécifique à la forme. Le filtrage numérique peut être développé, basé sur des méthodes connues. Par exemple, des fenêtres 35 rectangulaires, triangulaires ou gaussiennes peuvent être utilisées. On peut souligner l'intérêt apporté par le dispositif et le procédé selon l'invention

dans la connaissance de la rugosité au pied de dent: zone où peuvent s'amorcer des ruptures à partir de défauts de surface de trop forte amplitude.

5 On peut noter, pour conclure cette application, que plusieurs filtrages successifs peuvent être nécessaires sur des profils très perturbés.

10 Une mesure tridimensionnelle étant réalisée, pratiquement par balayage de la surface par une série de profils parallèles, le passage de deux à trois dimensions ne pose aucun problème de principe. Seule une excellente précision de positionnement en début de ligne est exigée.

15

Le filtrage -bidimensionnel maintenant- appliqué à une telle surface donne accès à la rugosité. |

20 La méthode de passage d'une ligne de "l'image" à la ligne suivante est analogue à celle qui est utilisée lors de l'automatisation d'un profilomètre. Une condition supplémentaire est cependant introduite ici, imposant la nécessité d'un retour, à chaque fin de ligne C et F (figure 4), sur l'origine de cette

25 ligne B et E, afin de retrouver l'altitude exacte de ce point. C'est, en effet, à partir de cette altitude, que sera repérée celle du premier point de la ligne suivante. Cette méthode permet de s'affranchir des éventuelles erreurs provoquées par

30 les déplacements verticaux rencontrés le long du profil. Un exemple de mouvement du palpeur le long de deux lignes successives d'un relevé à trois dimensions est donné figure 14, avec indication des points A, B, C, D, E, F et G de passage du capteur.

Toutes les mesures d'état de surfaces de précision opèrent par différence de la côte relevée par le palpeur avec celle d'une référence externe à la surface. Cette référence n'est jamais, à priori, parallèle à la 5 direction générale du profil lorsque celui-ci est une droite.

Afin d'éviter une saturation du signal délivré, l'opérateur doit, avec un appareil classique, réaliser 10 par approximations successives, le parallélisme entre les deux droites : c'est l'opération fastidieuse du dégauchissage. Cette opération demande très souvent plus de temps que la mesure elle-même. C'est donc économiquement intéressant de réduire ce temps ou, 15 mieux encore, de le supprimer.

Le dispositif de large échelle, en évitant la saturation du signal par augmentation de la plage de mesure, permet très souvent de supprimer le dégauchissage 20 ou, au minimum, de le limiter.

L'exemple donné figure 9 illustre l'affirmation précédente. Avec les procédés et les dispositifs existants, la surface aurait nécessité un dégauchissage 25 préalable fastidieux et consommateur de temps.

Un relevé profilométrique n'est, en général, pas suffisant pour mesurer correctement l'état de surfaces d'une pièce mécanique. Une série de profils parallèles 30 est souvent nécessaire.

Une norme française (CNOMO) préconise la nécessité de faire trois mesures au minimum sur une même pièce. Ces trois mesures sont programmables automatiquement.

Si le résultat de ces trois mesures (testé à l'aide de l'un ou de plusieurs paramètres d'état de surfaces mesurés) montre une dispersion trop grande par rapport à la valeur de consigne, une ou plusieurs mesures supplémentaires peuvent être demandées. Cette méthodologie, préconisée dans cette norme, est réalisable sans aucune intervention d'un opérateur grâce au dispositif et au procédé selon l'invention.

10 La possibilité offerte par le système de s'affranchir du défaut de forme de la pièce, autorise des mesures automatiques, par programmation de la trajectoire de la pointe du palpeur lors du passage d'un profil à un autre profil, ou d'un échantillon à un autre.

15 La figure 15 montre le passage d'un profil au profil suivant sur une pièce présentant un défaut de forme en procédant comme suit :

20 De A à B descente automatique du palpeur à la recherche de la pièce. L'arrêt est effectif lorsque le signal délivré par le palpeur (nul lorsqu'il est en l'air) atteint approximativement le milieu de la plage de mesure.

25 De B à C relevé du profil avec utilisation éventuelle de la large échelle.

De C à D soulevé du palpeur.

30 De D à E déplacement perpendiculaire au premier profil afin d'atteindre la verticale de l'extrémité du deuxième profil.

De E à F retour à la verticale de l'origine du nouveau profil.

De F à G descente sur l'échantillon pour le relevé 5 du profil G H.

De H à I retour à la verticale, puis, à partir de I, déplacement perpendiculaire au second profil, afin d'atteindre la verticale de l'origine d'un troisième 10 profil... Il est évident qu'avec les procédés et les dispositifs usuels, cette automatisation est impossible, puisque chaque profil peut présenter un défaut de forme ou accidentel provoquant la saturation du signal.

15 Le passage d'un échantillon à l'autre s'opère suivant le même processus. Seule doit être appréciée la hauteur dont il faut soulever le palpeur pour assurer un passage sans heurt d'un échantillon à l'autre. La figure 16 donne un exemple des trajectoires suivies, avec 20 indication des points J, K, L et M concernant le deuxième échantillon.

La mesure de la rugosité sur la génératrice d'une pièce cylindrique nécessite normalement un parfait 25 alignement de l'axe de révolution du cylindre par rapport au mouvement de la traverse mobile du profilomètre. Si cet alignement n'est pas respecté, la ligne moyenne enregistrée, au lieu d'être droite, prend la forme d'une portion d'ellipse. Le dispositif 30 et le procédé selon l'invention permettent de suivre ce contour elliptique sans sortir de la plage de mesure. Une méthode numérique de filtrage est utilisée pour séparer ensuite rugosité et ondulation.

Lorsqu'une pièce de section circulaire est entraînée en rotation autour d'un axe passant par le centre. Ce centre ne coïncide généralement pas avec le centre réel du cercle. La rotation de la pièce entraîne alors 5 un mouvement parasite de la pointe du palpeur qui se superpose au profil réel de rugosité. Le dispositif et le procédé selon l'invention permettent le suivi du profil, quelle que soit la qualité du centrage de la pièce par rapport à son axe réel. L'élimination, <sup>The elimination</sup>  
 10 à partir du profil enregistré, de la courbe due à <sup>Starting from the profile recorded</sup> <sup>of the curve has to</sup>  
<sup>the only offsetting is done as before</sup> la seule excentration est réalisée, comme précédemment, par filtrage numérique.  
<sup>by numerical filtering</sup>

On peut remarquer que, dans le cas d'utilisation d'une 15 broche d'entraînement de la pièce en rotation, l'écart de concentricité, aussi bien que le battement axial se traduira, sur le profil enregistré par le palpeur, par la superposition au profil de rugosité d'un profil parasite d'ondulation. La ou les fréquences de ce 20 dernier sera éliminée par filtrage numérique.

Par la seule adjonction d'une broche tournante de précision, l'appareil destiné initialement à la mesure des états de surfaces de pièces en moyenne planes, 25 se transforme en appareil de mesure de rugosité sur des pièces cylindriques.

Le dispositif et le procédé selon l'invention, par leur capacité à effectuer des mesures de rugosité 30 sur des surfaces présentant d'importants défauts de forme, permettent, dans le cas présent, la mesure de rugosité sur des pièces cylindriques présentant de gros écarts de circularité ; c'est le cas notamment de fils tréfilés, ou sur des pièces cylindriques où 35 la rugosité est prépondérante, c'est le cas des tiges

revêtues de vernis, peinture, ciment, colle pour lesquelles la propriété d'accrochage est prépondérante, comme cela a été dit plus haut.

5 Certaines pièces, de forme généralement cylindrique, peuvent présenter des obstacles. C'est le cas par exemple d'un arbre cannelé ou d'un arbre comportant un logement de clavette, d'un collecteur à lames de moteur électrique, etc..

10

Les appareils classiques ne peuvent pas, à la fois, mesurer l'état de surface du fond d'une cannelure et celui du sommet de cette cannelure. Cette opération nécessiterait la mesure séparée sur les deux niveaux 15 distincts, impliquant une double intervention de l'opérateur et un double dégauchissage. Le dispositif et le procédé selon l'invention permettent le passage, sans intervention extérieure, d'un niveau à l'autre, quelle que soit l'importance du dénivélé. La pointe 20 du capteur elle-même étant l'instrument de mesure de sa position propre, il y aura descente (ou montée) automatique du palpeur jusqu'à obtention d'un signal traduisant soit la rencontre de la surface (cas d'un fond de cannelure) soit l'arrivée sur un sommet.

25

L'algorithme du procédé de large échelle utilisé implique tout d'abord le partage en trois zones.

La plage numérique décrite par le palpeur est supposée ici varier de la valeur 0 à la valeur 4095 (digitalisation sur 12 bits). Si alpha représente la valeur numérique en dessous de laquelle le signal 5 délivré n'est plus linéaire et 4095-alpha celle au-dessus de laquelle ce même défaut est possible, la commande du déplacement vertical du palpeur aura lieu alors suivant le schéma suivant :

10

DEBUTCas z

15                    z < alpha : alors arrêt mouvement X et  
                         déplacement vertical ramenant le signal  
                         vers le milieu de l'échelle (déplacement  
                         z-)  
                         z > 4095-alpha : alors arrêt mouvement X et  
                         déplacement vertical z+  
20                    4095-alpha >= z >= alpha : pas de mouvement  
                         z ; plage normale de mesure.

Fin cas

z = z+ offset

FIN

25

L'algorithme de large échelle sera le suivant :

DEBUT

Cas Z

5         $z < \alpha$      $ZM = z$   
          |    Si dm vrai alors  $\beta = 4095 - \alpha$   
          |               sinon  $\beta = 2048$   
          |    Fin si  
10      Tant que  $Z \geq \beta$  alors faire un mouvement  
          |               vertical, attendre la stabilisation  
          |               mécanique  
          |    Lire Z.  
          |    Fin tant que  
15      Offset = offset + ZM - z  
          |    dm vrai  
          |     $z > 4095 - \alpha$      $ZM = z$   
          |    Si dm vrai alors  $\beta = 2048$   
          |               sinon  $\beta = \alpha$   
          |    Fin si  
20      Tant que  $Z \geq \beta$  alors faire un mouvement  
          |               vertical, attendre stabilisation mécanique  
          |    Lire Z.  
          |    Fin tant que  
          |    Offset = offset + ZM - z  
25      dm faux  
          |     $\alpha \leq z \leq 4095 - \alpha$  : pas de mouvement  
          |    en Z  
          |    Fin cas  
          |    Z = offset + z

30      FIN

Quant à l'algorithme de balayage en trois dimensions utilisé, ce sera :

DEBUT

5

Cas X

Faire lecture z du point 1 :  $z(\text{départ}) = z$   
Tant que  $X < 256$  alors faire lecture et déplacement  
en X : utiliser l'algorithme à grand débattement  
décrit à la page précédente.

10

Fin tant que

Soulever le palpeur à  $z > z_{\text{max}}$

Tant que  $Y < 256$  faire :

Déplacer d'un pas en Y

15

Revenir à la verticale du point 1 ( $X = 0$ )  
tant que  $z > (0,2048)$  faire  $z = z - \text{descente}$

fin tant que

mesure de z

offset =  $z - z(\text{départ})$

20

Fin tant que

Fin cas

FIN

Revendications

1. Procédé de mesurage profilométrique de large échelle de l'état de surfaces de forme quelconque, permettant de reconstituer l'image mesurée la plus approchée d'un profil réel, à partir de l'exploration discrète dans une direction X ou dans un plan X, Y d'une succession de segments li ou de surfaces dont la taille dépend des limites d'exploration du capteur, c'est-à-dire de la courbure locale de la surface et de l'amplification utilisée, consistant à effectuer un arrêt après parcours de chaque segment li ou de chaque surface du profil réel, à évaluer les n valeurs successives de mesurage et à déterminer la moyenne des n valeurs mesurées, à effectuer un test pour connaître la position du palpeur dans son échelle de mesurage, à déplacer le capteur selon un axe Z lorsque la limite de la plage de mesurage A B est atteinte, à lire la nouvelle valeur délivrée par le capteur et à effectuer, à cette nouvelle position, l'ancienne valeur lue avant déplacement vertical, c'est-à-dire, lorsque cette valeur est exacte, à poursuivre le processus jusqu'à ce que la valeur de la longueur d'évaluation programmée soit atteinte, puis à traiter les informations captées sur chaque longueur l, afin de les raccorder numériquement, afin d'éliminer les causes d'erreurs, pour reconstituer le profil mesuré, qui est l'image du profil réel sur la longueur d'évaluation, caractérisé en ce que les mesures bidimensionnelles sont obtenues par évaluation de la courbe d'intersection de la surface avec un plan perpendiculaire à celle-ci, et par suivi de la forme générale de la pièce, avec une sensibilité suffisante pour qu'un filtrage, selon

une fréquence appropriée, donne accès aux défauts de faible amplitude et de haute fréquence, en ce que les mesures tridimensionnelles sont réalisées par balayage de la surface par une série de profils parallèles, en ce que, pour rendre la surface à mesurer parallèle à la référence de captage, la pièce est placée sur trois appuis situés aux sommets d'un triangle équilatéral et la position du palpeur est repérée par rapport à ces trois points grâce à une sphère de référence, on mesure en z trois points situés sur la surface à mesurer ; ces trois points étant repérés par rapport au triangle de référence, et, en fonction des différences d'altitude des trois points mesurés sur la pièce, le traitement indique de quelle valeur il faut modifier chaque appui de la pièce, et en ce que la pièce est rendue mobile selon l'axe z, alors que le capteur est maintenu fixe par rapport à une surface de référence rapprochée au maximum de la pièce à mesurer et reposant sur le même fondement vibratoire.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que, pour le mesurage de la rugosité sur des pièces axiles présentant des écarts de forme de directrices supérieurs à la plage de mesurage d'un capteur, la pièce est entraînée en rotation, segment de cercle par segment de cercle, puis, dès qu'un écart de forme de circularité place le palpeur hors de son échelle de mesurage, à replacer le dit palpeur dans celle-ci par un mouvement plus ou moins Y ou Z, à séparer, par filtrage, la rugosité de l'erreur de forme, à calculer la ligne moyenne du profil, à retirer la première harmonique de l'excentration puis à reconstituer le profil circulaire.

3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que, pour le mesurage de la rugosité de surfaces en hélice, il consiste à communiquer une rotation par segment à la vis et, dès que le capteur 5 sort de son échelle de mesurage, à déplacer le dit capteur selon l'axe z pour le replacer dans son échelle de mesurage, à reconstituer, par traitement, l'hélicoïde développée, puis à la filtrer pour obtenir la rugosité de l'ondulation qu'elle 10 porte.
4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que, pour le cas particulier du captage de la rugosité des filets de vis intérieures, la pointe 15 du palpeur est placée sur l'axe du filet.
5. Procédé selon les revendications 3 ou 4, caractérisé en ce que, dans le cas des filetages coniques, la broche est inclinée selon un angle 20 correspondant à l'angle du cône.
6. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que deux des trois points de référence sont situés sur un côté qui est orienté parallèlement 25 à un axe de déplacement X ou Y et le traitement des différences mesurées en z sur les trois points de la pièce permet l'affichage sur un écran de la valeur dont il faut respectivement modifier chaque appui préalablement repéré.
- 30
7. Dispositif permettant la mise en oeuvre du procédé selon les revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'il comporte une noix (3), réglable en hauteur par rapport à une platine déchargée (1), glissant 35 sur un plan de référence en X Y, reliée par une

lame d'acier mince (2) à un chariot porteur (4), d'un capteur (5) prenant appui sur un support de surface de référence (10) et en ce que la surface (6) de la pièce à explorer par le palpeur du capteur 5 (5) vient en contact de celui-ci par le mouvement en Z d'une unité verticale de déplacement (7).

8. Dispositif de mesurage selon la revendication 10, caractérisé en ce que le chariot porteur (4) du capteur (5) prend appui sur le support de surface de référence (10) par l'intermédiaire de portées (110) constitués d'aimants (111) recouverts d'une couche mince d'un matériau antifriction (112).

15 9. Dispositif de mesurage selon la revendication 8, caractérisé en ce que le matériau antifriction, constituant la couche mince (112) dont sont recouverts les aimants (111), est du polytétrafluoréthylène (P.T.F.E.).

20 10. Dispositif de mesurage selon la revendication 7 caractérisé en ce que la pièce à explorer par le palpeur est supportée par l'intermédiaire d'un accessoire constitué principalement d'une embase graduée (120), supportant trois appuis réglables (130) situés aux sommets d'un triangle équilatéral sur lesquels repose une table circulaire (140), positionnée latéralement par rapport à l'embase graduée (120) par l'intermédiaire d'une pinnule sphérique (15) assurant l'immobilisation sur deux degrés de liberté, alors que la rotation autour de l'axe de la pinnule sphérique (15) assure à 25 la dite table circulaire (140) un degré de liberté.

30

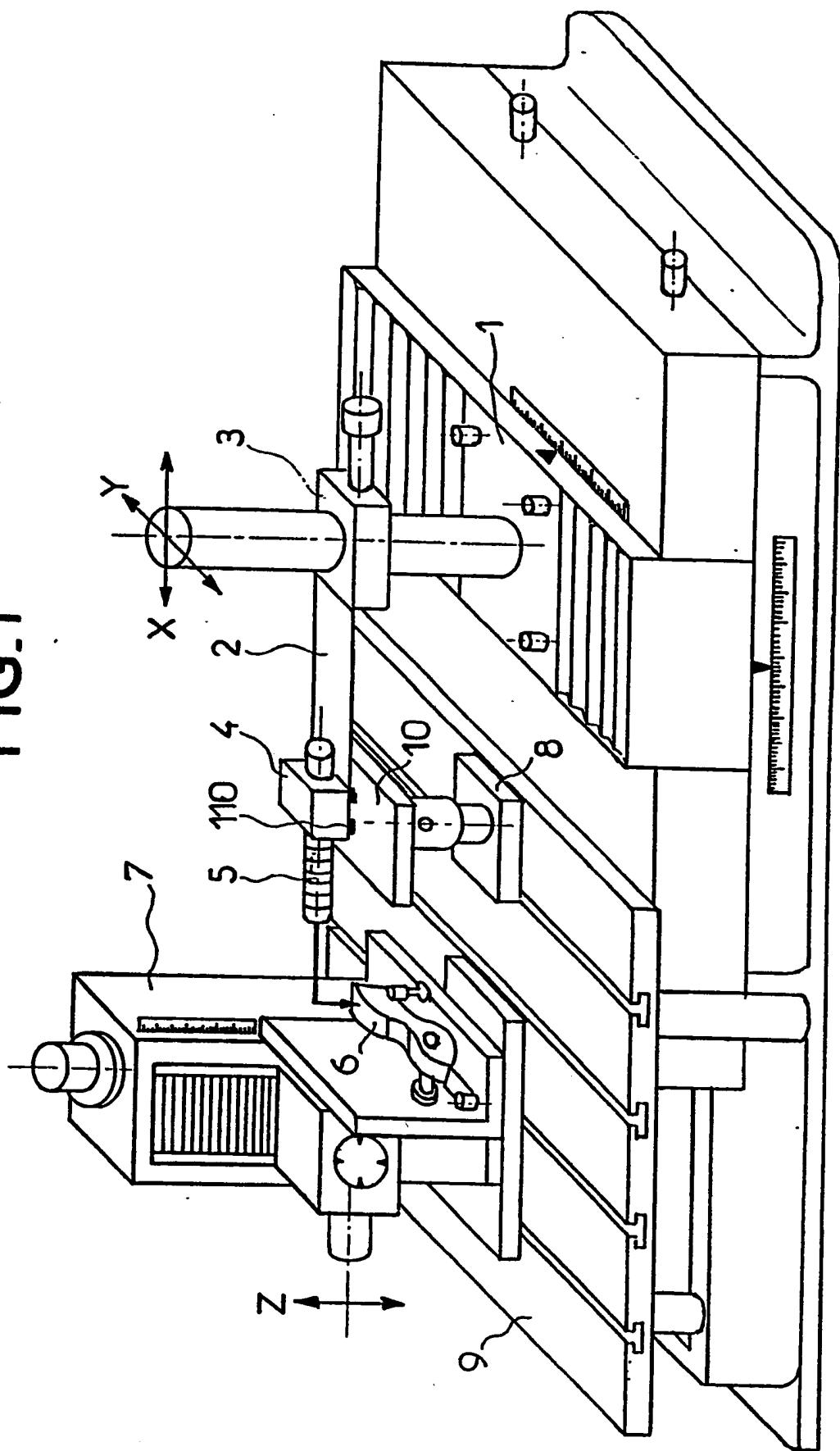
11. Dispositif de mesurage selon la revendication 10, caractérisé en ce que les points d'appuis réglables (130) sont constitués chacun d'une bille (132) située à l'extrémité d'un écrou (131) vissé 5 à la partie supérieure d'un goujon (133) fixé à la partie supérieure de l'embase graduée (120).
12. Dispositif de mesurage selon la revendication 10, caractérisé en ce que la table circulaire (140) 10 comporte une rainure en V (141), centrée sur l'axe de rotation de la dite table circulaire.
13. Dispositif de mesurage selon la revendication 7, caractérisé en ce que les pièces axiles sont 15 entraînées par l'intermédiaire d'une broche tournante de section carrée (17), par l'intermédiaire d'un moto-réducteur pas-à-pas (18).
14. Dispositif de mesurage selon la revendication 20 13, caractérisé en ce que la broche tournante (17) est positionnée par rapport à la surface de référence (10) par appui sur celle-ci par l'un de ses côtés, lorsque le palpeur est disposé parallèlement à l'axe de la pièce, ou par l'intermédiaire de pieds 25 (21) lorsque le palpeur est disposé perpendiculairement à l'axe de la pièce.
15. Application du procédé selon l'une des revendications 1 ou 2 et du dispositif selon l'une 30 des revendications 7, 13 ou 14 au mesurage de la rugosité de pièces axiles, présentant des stries parallèles à leur axe.

16. Application selon la revendication 15 aux produits tréfilés, étirés ou brochés.

17. Application selon l'une des revendications  
5 15 ou 16 au mesurage de la rugosité de fils de petit diamètre.

1/9

FIG.1



2/9

FIG. 2

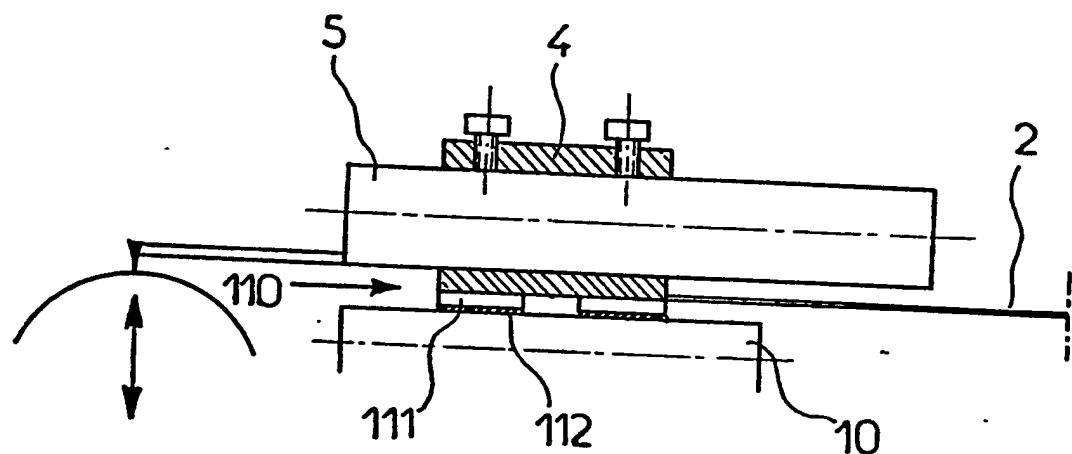
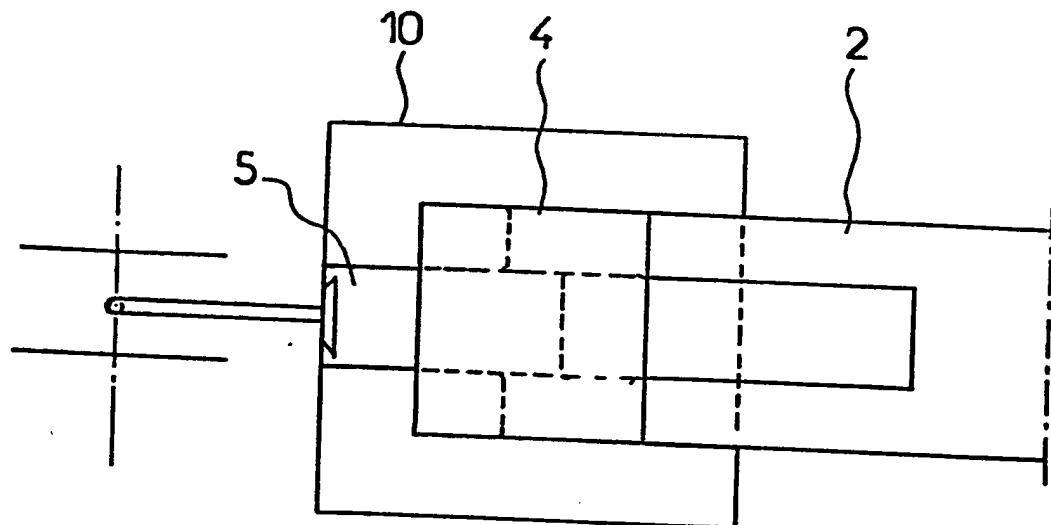


FIG. 3



3/9

FIG.4

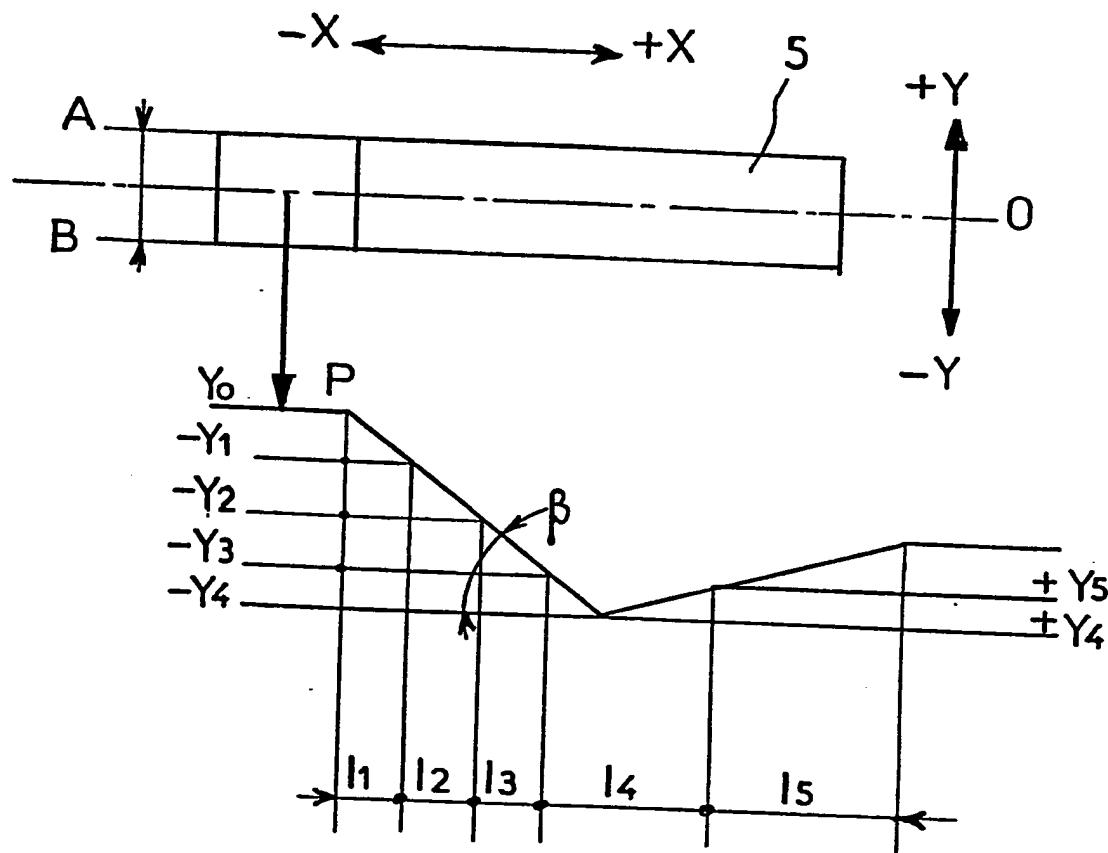
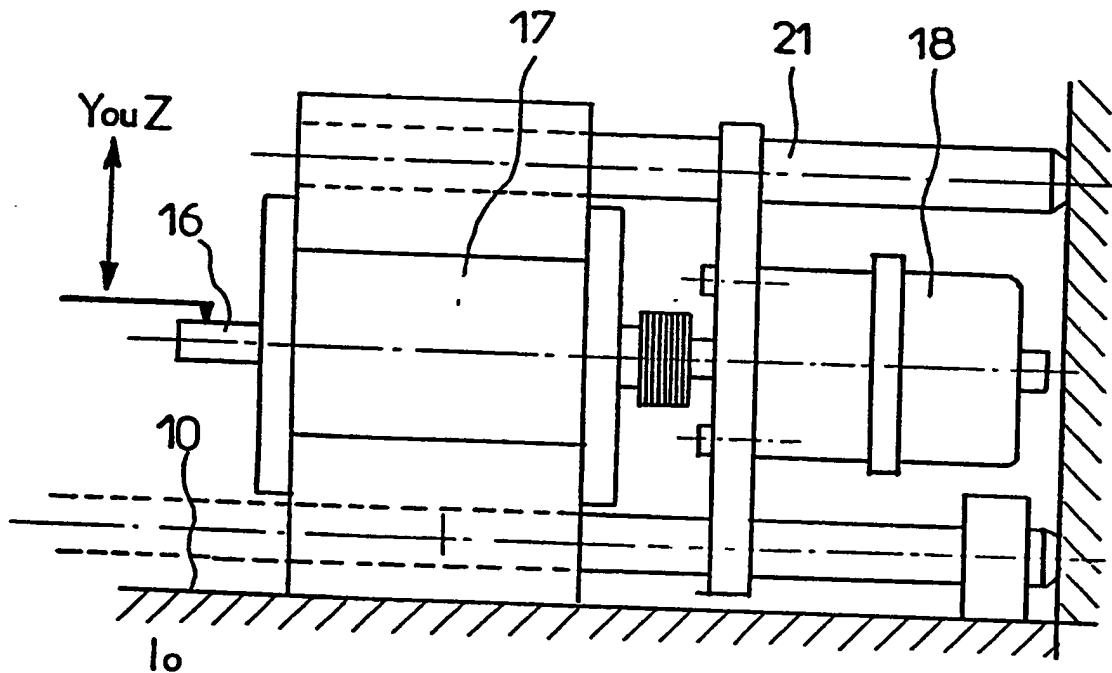
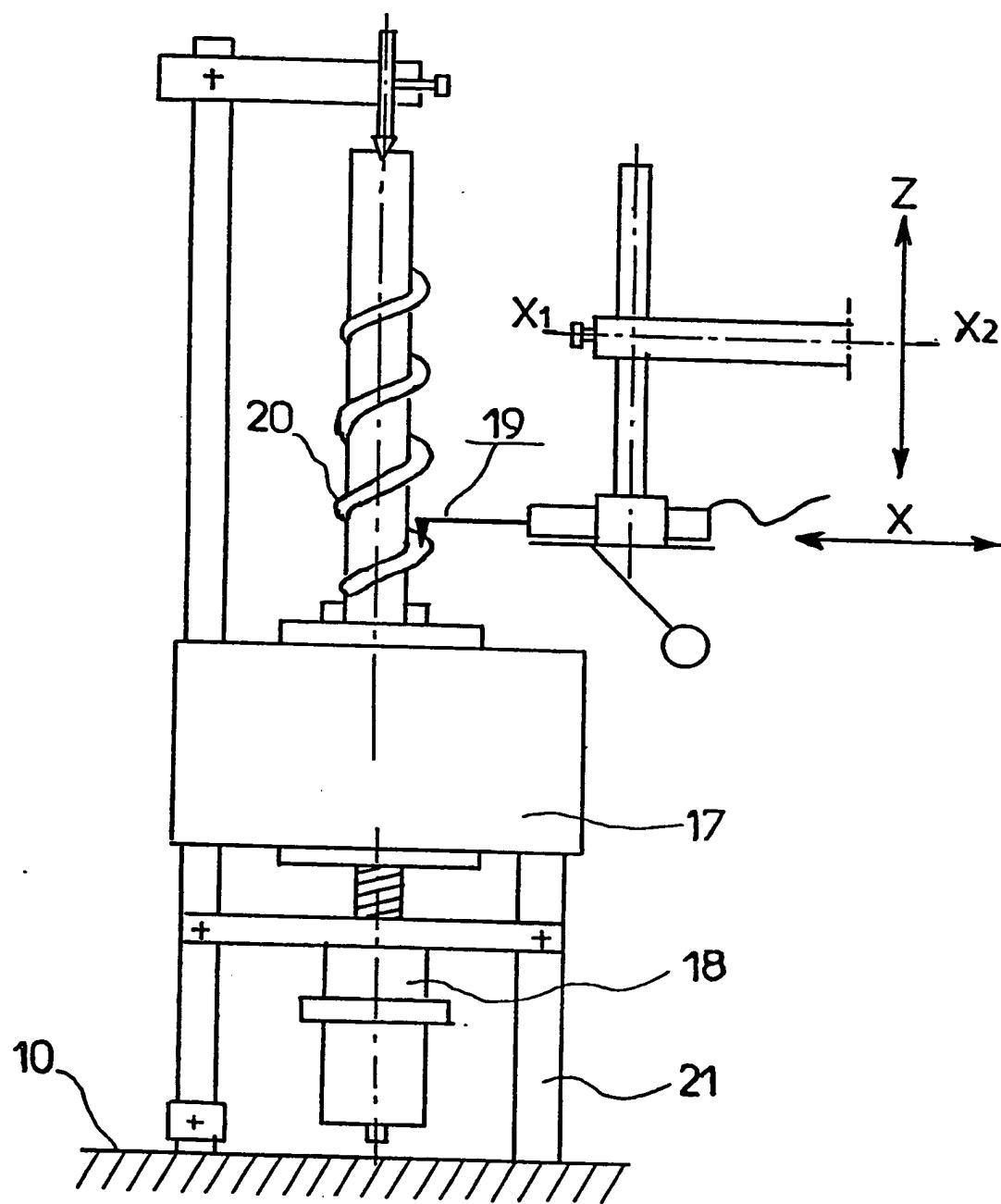


FIG.5



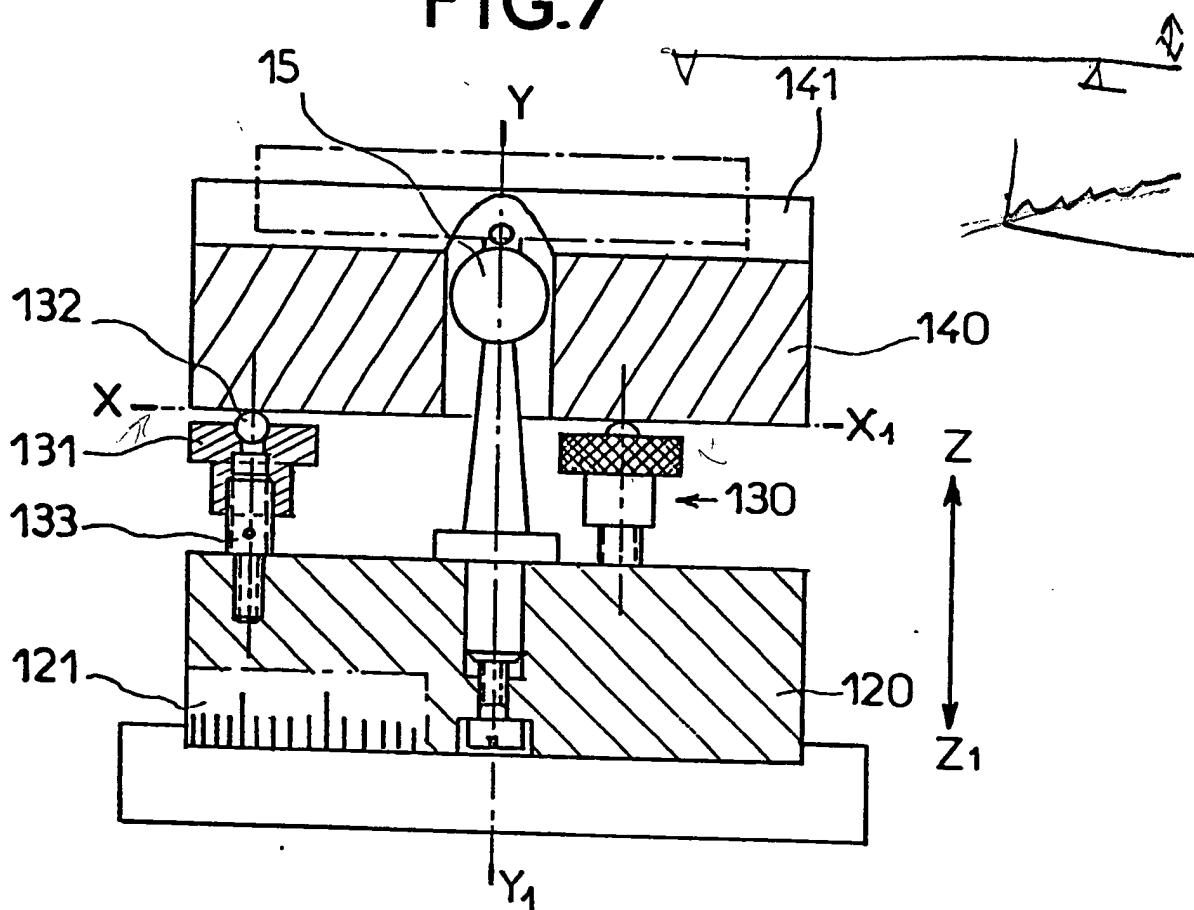
4/9

FIG.6

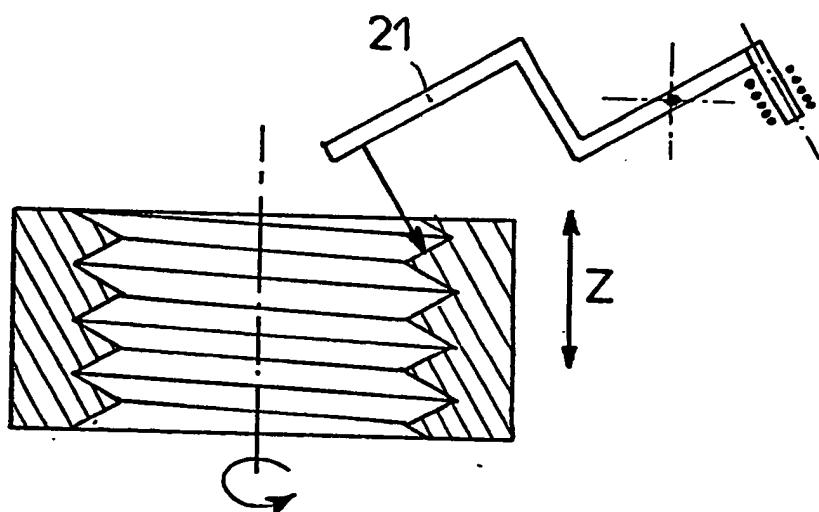


5/9

**FIG.7**



**FIG. 8**



6/9

FIG.9

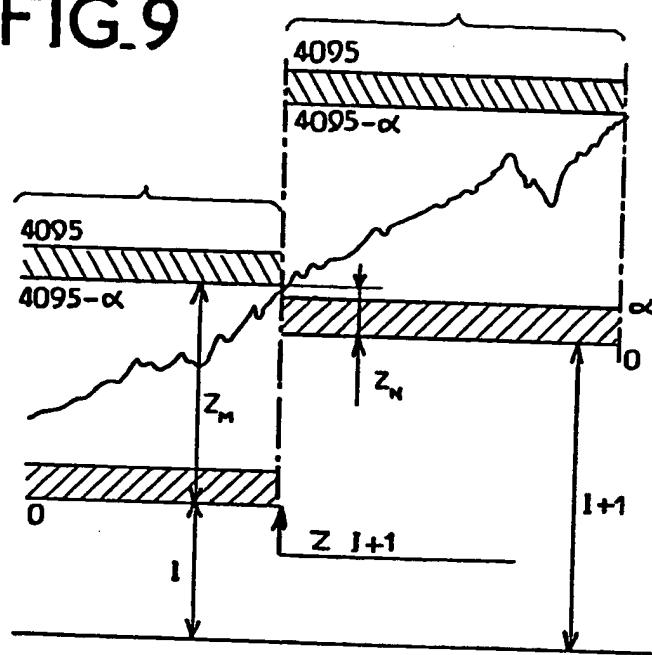


FIG.10

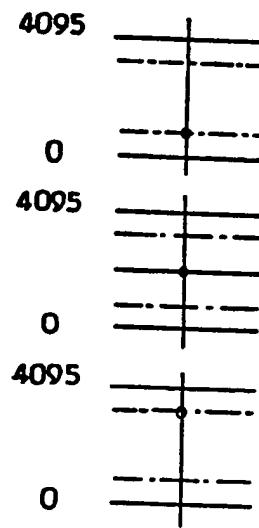
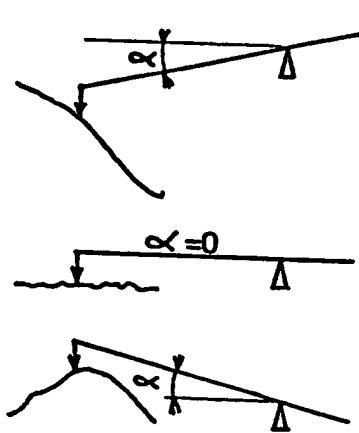
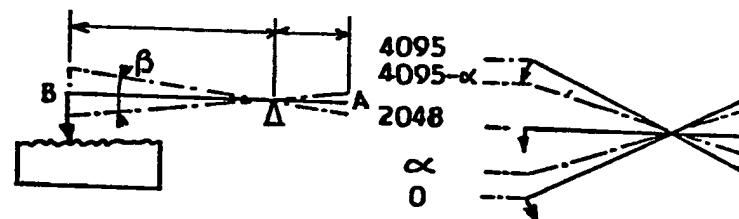
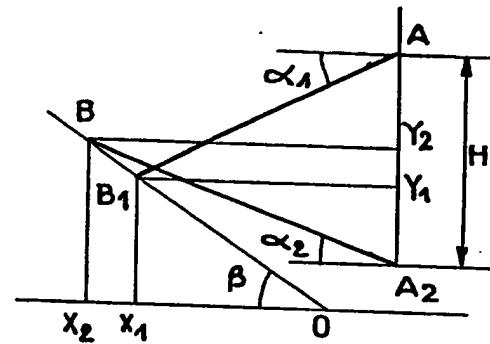


FIG.11



7/9

FIG.12

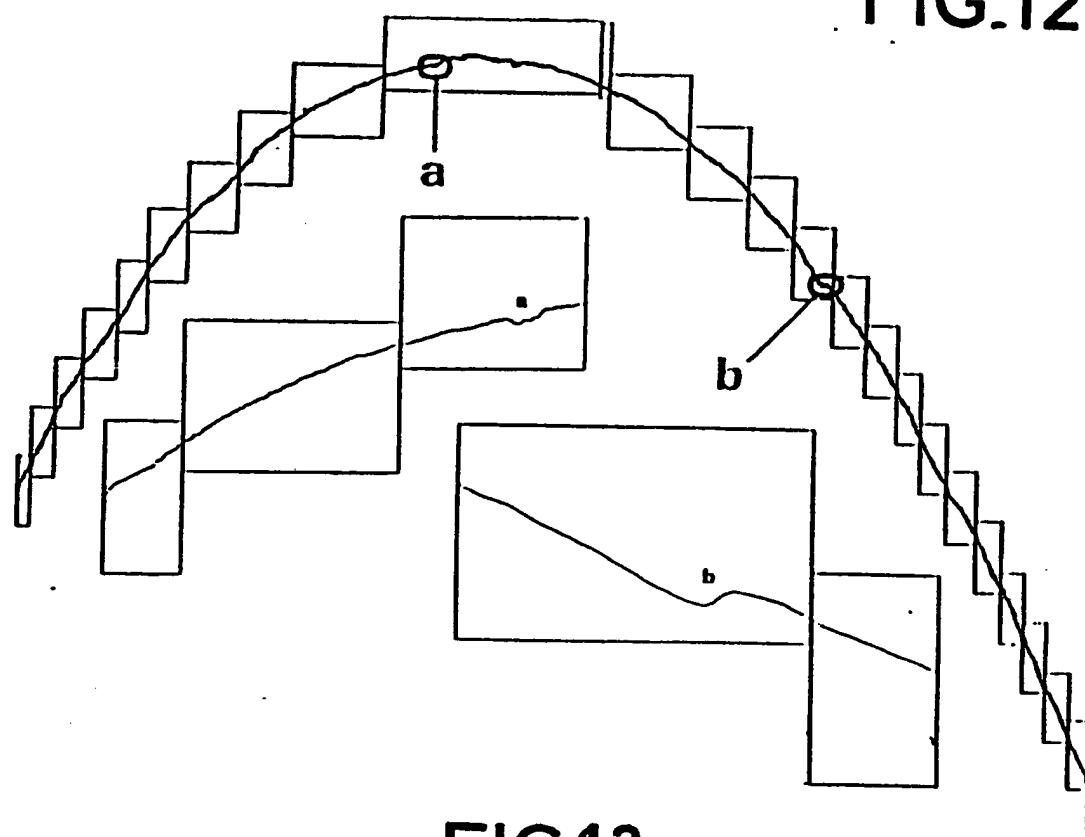
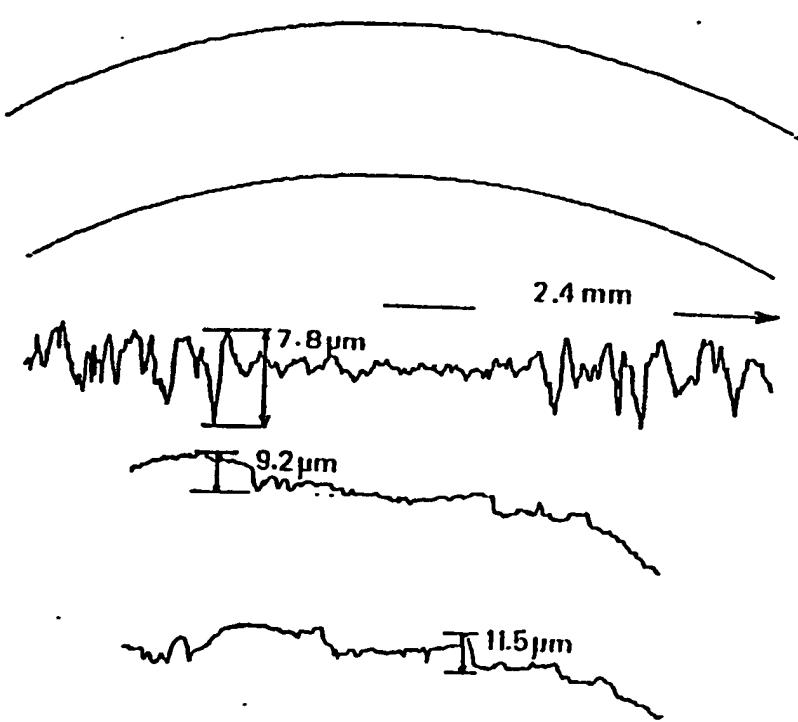


FIG.13



8 / 9  
FIG.14

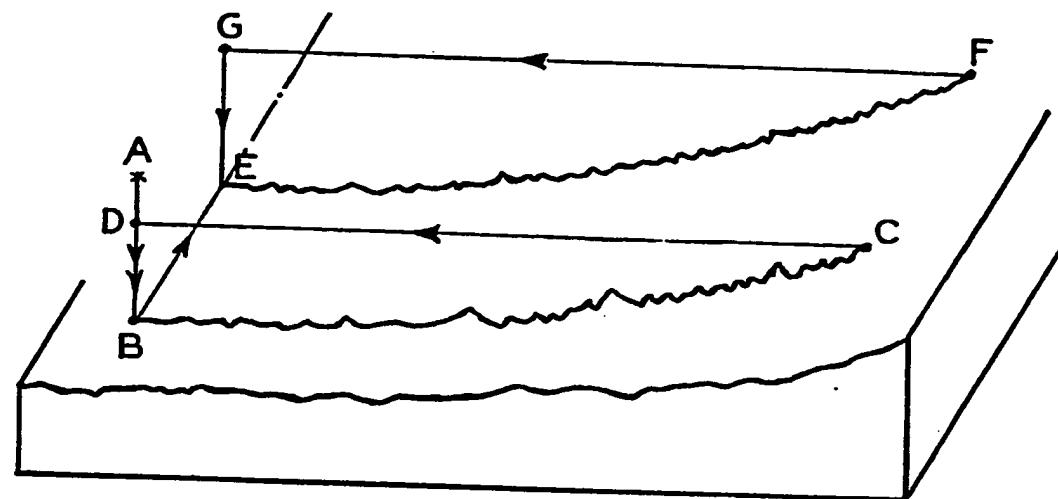
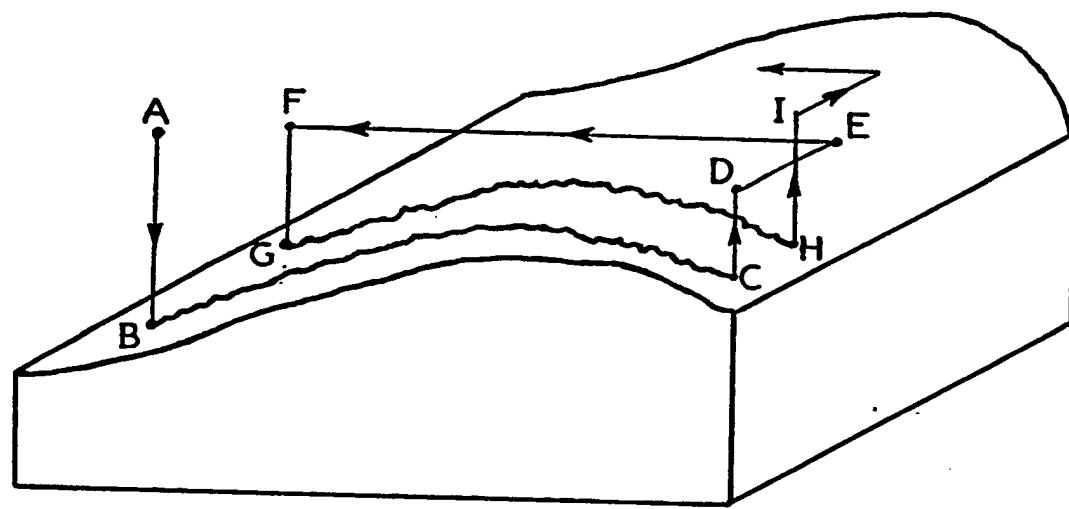
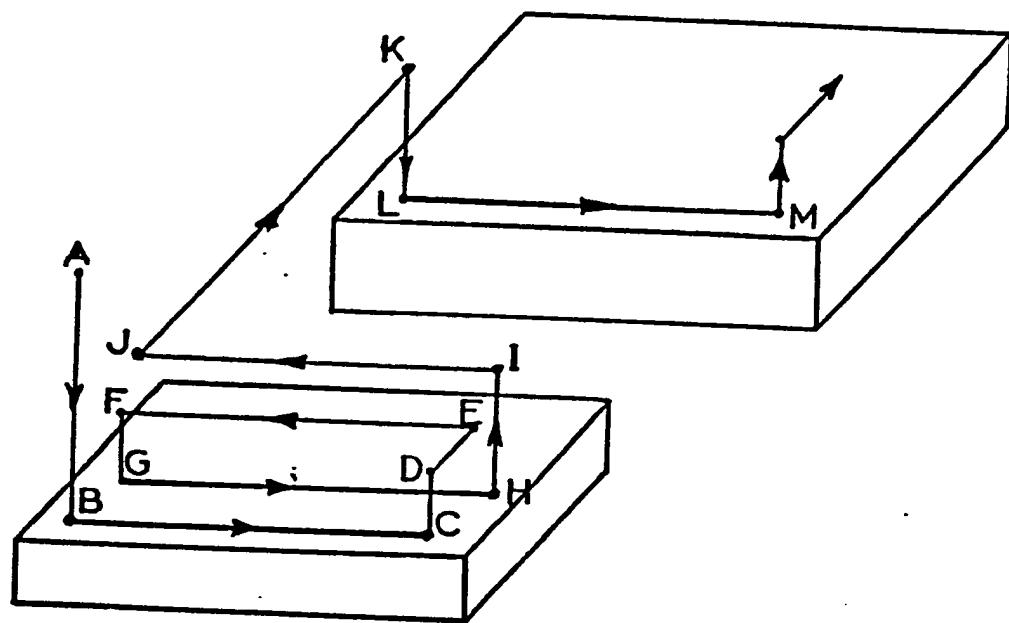
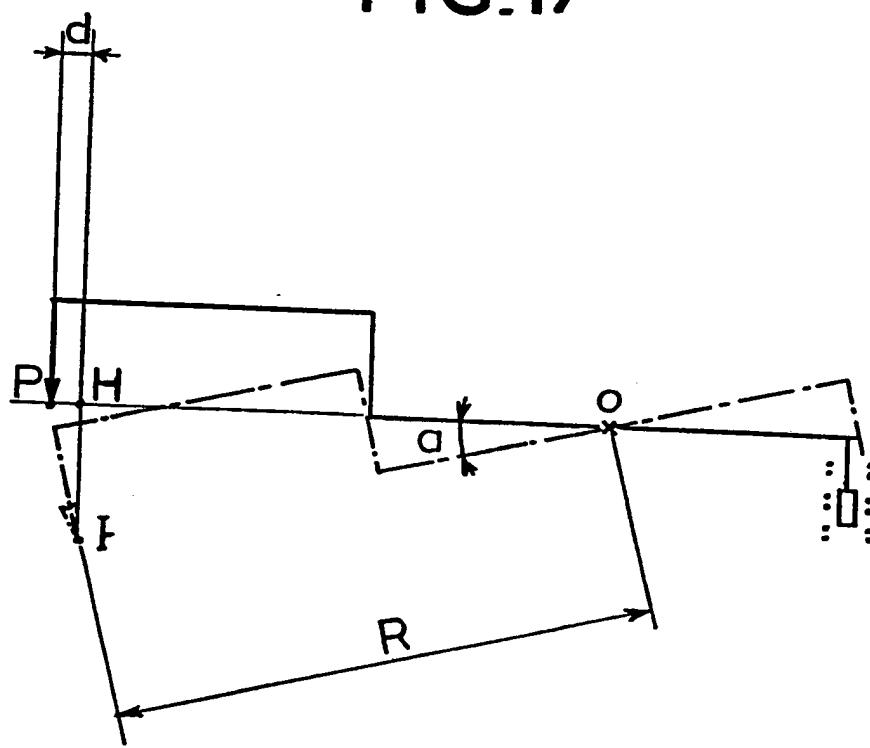


FIG.15



9/9  
FIG.16

## FIG.17



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/FR 90/00239

## I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (If several classification symbols apply, indicate all) \*

According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC

Int.C1. <sup>5</sup> G01B 7/28, G01B 7/34, G01B 21/20, G01B 5/28

## II. FIELDS SEARCHED

### Minimum Documentation Searched <sup>7</sup>

Classification System	Classification Symbols
Int.C1. <sup>5</sup>	G01B 5/00, G01B 7/00, G01B 21/00, G01C 7/00

Documentation Searched other than Minimum Documentation  
to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched \*

## III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT \*

Category *	Citation of Document, <sup>11</sup> with indication, where appropriate, of the relevant passages <sup>12</sup>	Relevant to Claim No. <sup>13</sup>
Y	Journal of Manufacturing Systems, vol. 6, No. 3, 1987, (Dearborn, Michigan, US), M. Chuard et al.: "Range expansion and automation of a classical profilometer", pages 223-231 see the whole document	1,7
Y	US, A, 4560924 (R. B. NORDBERG) 24 December 1985 see column 2, lines 28-68; column 3; column 4, lines 1-31	1
Y	FR, A1, 2620223 (INSTITUT SUPERIEUR D'ETAT DE SURFACE) 10 March 1989 see claim 12; pages 6-9	7
A	Patent Abstracts of Japan, vol. 9, No. 129 (P-361)(1852), 5 June 1985, & JP, A, 6014112 (TOUKIYOU SEIMITSU K.K.) 24 January 1985	9
A	GB, A, 2165361 (MITUTOYO MFG CO. LTD) 0 April 1986 see page 4	1
		./.

\* Special categories of cited documents: <sup>10</sup>

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"S" document member of the same patent family

## IV. CERTIFICATION

Date of the Actual Completion of the International Search

10 July 1990 (10.07.90)

Date of Mailing of this International Search Report

10 August 1990 (10.08.90)

International Searching Authority

EUROPEAN PATENT OFFICE

Signature of Authorized Officer

## III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT (CONTINUED FROM THE SECOND SHEET)

Category*	Citation of Document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to Claim No
A	DD, B, 156635 (H. KUEGLER et al.) 8 September 1982 see claim 1	1,2
A	VDI-Z, vol. 122, No. 10, May 1980, (Düsseldorf, DE), H. Becker: "Microtecnic 80", pages 411-416 see figure 24; paragraphs 8,9	2
A	Technische Rundschau, vol. 80, No. 18, 29 April 1988 (Bern, CH), R. Hirschi: "Vom Rundheitsmess- gerät zum Rundheitsmesssystem", pages 28-41 see page 32, column 2, paragraph 2	3
A	EP, A1, 0246778 (MORTON THIOKOL, INC.) 25 November 1987 see columns 7-10	4,5
-----		

**ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT  
ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO.**

**FR 9000239**

**SA 36512**

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on 07/08/90. The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)			Publication date
US-A- 4560924	24-12-85	None			
FR-A- 2620223	10-03-89	AU-A- EP-A- WO-A-	2303688 0334912 8902571	17-04-89 04-10-89 23-03-89	
GB-A- 2165361	09-04-86	JP-A- JP-A- JP-A- JP-A- DE-C- DE-T- WO-A- US-A-	60214205 60214206 60214207 60214212 3590145 3590145 8504707 4665739	26-10-85 26-10-85 26-10-85 26-10-85 22-02-90 24-04-86 24-10-85 19-05-87	
DD-B- 156635		None			
EP-A- 0246778	25-11-87	US-A- JP-A-	4706360 63008512	17-11-87 14-01-88	

## RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale N° PCT/FR 90/00239

I. CLASSEMENT DE L'INVENTION (si plusieurs symboles de classification sont applicables, les indiquer tous) ?

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

CIB<sup>5</sup>: G 01 B 7/28, G 01 B 7/34, G 01 B 21/20, G 01 B 5/28

## II. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTÉ

#### Documentation minimale consultée

Système de classification	Symboles de classification
CIB <sup>5</sup>	G 01 B 5/00, G 01 B 7/00, G 01 B 21/00, G 01 C 7/00

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où de tels documents font partie des domaines sur lesquels la recherche a porté.

### III. DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME RELEVANTS

Catégorie *	Identification des documents cités, <sup>11</sup> avec indication, si nécessaire, des passages pertinents <sup>12</sup>	N° des revendications visées <sup>13</sup>
		1,7
Y	Journal of Manufacturing Systems, vol. 6, no. 3, 1987, (Dearborn, Michigan, US), M. Chuard et al.: "Range expansion and automation of a classical profilometer", pages 223-231 voir l'article en entier --	
Y	US, A, 4560924 (R.B. NORDBERG) 24 décembre 1985 voir colonne 2, lignes 28-68; colonne 3; colonne 4, lignes 1-31 --	1
Y	FR, A1, 2620223 (INSTITUT SUPERIEUR D'ETAT DE SURFACE) 10 mars 1989 voir revendication 12; pages 6-9 --	7
A		9
		./.

#### \* Catégories spéciales de documents cités: 11

« A » document définissant l'état général de la t  
considéré comme particulièrement pertinent

« E » document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date.

« L » document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée dans ou après cette date)

- « **B** document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- « **P** » document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité, dans lequel

« T » document ultérieur publié postérieurement à la date de dépôt international ou à la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinente, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention.

« X » document particulièrement pertinent: l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive

« Y » document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier.

**c & d** document qui fait partie de la même famille de brevets

**IV. CERTIFICATI N.**

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

10 juillet 1990

**Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale**

19, AOUT 1990

#### **Administration chargée de la recherche internationale**

## OFFICE EUROPÉEN DES BREVETS

**Signature du fonctionnaire autorisé**

MISS T. TAZFLAAD

III. DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		(SUITE DES RENSEIGNEMENTS INDIQUÉS SUR LA DEUXIÈME FEUILLE)
Catégorie *	Identification des documents cités, avec indication, si nécessaire, des passages pertinents	N° des revendications visées
A	Patent Abstracts of Japan, vol. 9, no. 129 (P-361)(1852), 5 juin 1985, & JP, A, 6014112 (TOUKIYOU SEIMITSU K.K.) 24 janvier 1985 --	1
A	GB, A, 2165361 (MITUTOYO MFG CO. LTD) 9 avril 1986 voir page 4 --	1
A	DD, B, 156635 (H. KUEGLER et al.) 8 septembre 1982 voir revendication 1 --	1,2
A	VDI-Z, vol. 122, no. 10, mai 1980, (Düsseldorf, DE), H. Becker: "Microtecnic 80", pages 411-416 voir figure 24; paragraphes 8,9 --	2
A	Technische Rundschau, vol. 80, no. 18, 29 avril 1988, (Bern, CH), R. Hirschi: "Vom Rundheitsmessgerät zum Rundheitsmesssystem", pages 28-41 voir page 32, colonne 2, paragraphe 2 --	3
A	EP, A1, 0246778 (MORTON THIOKOL, INC.) 25 novembre 1987 voir colonnes 7-10 -----	4,5

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE  
RELATIF A LA DEMANDE INTERNATIONALE NO.

FR 9000239  
SA 36512

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche internationale visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 07/08/90

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)			Date de publication
US-A- 4560924	24-12-85	Aucun			
FR-A- 2620223	10-03-89	AU-A- 2303688	17-04-89		
		EP-A- 0334912	04-10-89		
		WO-A- 8902571	23-03-89		
GB-A- 2165361	09-04-86	JP-A- 60214205	26-10-85		
		JP-A- 60214206	26-10-85		
		JP-A- 60214207	26-10-85		
		JP-A- 60214212	26-10-85		
		DE-C- 3590145	22-02-90		
		DE-T- 3590145	24-04-86		
		WO-A- 8504707	24-10-85		
		US-A- 4665739	19-05-87		
DD-B- 156635		Aucun			
EP-A- 0246778	25-11-87	US-A- 4706360	17-11-87		
		JP-A- 63008512	14-01-88		